



João Miguel Rito Cerdeira Ferreira Gonçalves

Estudo da Quebra de Extrato na área da Brassagem

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora
Auxiliar, FCT/UNL

Co-Orientador: Dr. Pedro Miguel dos Reis Vicente, Senior Global Lead Brewing, SCC

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Luisa Almaça da Cruz Fernando, FCT/UNL

Arguente: Engº João Paulo de Sousa Reis Mendes, SCC

Vogal: Prof. Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora Auxiliar,
FCT/UNL

Setembro, 2019



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



João Miguel Rito Cerdeira Ferreira Gonçalves

Estudo da Quebra de Extrato na área da Brassagem

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora
Auxiliar, FCT/UNL

Co-Orientador: Dr. Pedro Miguel dos Reis Vicente, Senior Global Lead Brewing, SCC

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Luisa Almaça da Cruz Fernando, FCT/UNL

Arguente: Engº João Paulo de Sousa Reis Mendes, SCC

Vogal: Prof. Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora Auxiliar,
FCT/UNL

Setembro, 2019



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Estudo da Quebra de Extrato na área da Brassagem

Copyright © 2019 João Miguel Rito Cerdeira Ferreira Gonçalves, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao Engenheiro Pedro Vicente a oportunidade de poder realizar o estágio na Sociedade Central de Cervejas, bem como todo o conhecimento e auxílio que me transmitiu ao longo desta jornada.

Ao Engenheiro João Paulo Mendes por toda a disponibilidade e ajuda que me deu principalmente na parte final do meu estágio, bem como à Beatriz, Sofia e Miguel por toda a atenção, ajuda e disponibilidade para esclarecer qualquer dúvida existencial que tivesse.

Aos operadores da secção da Brassagem, Marco Oliveira, Carlos Simões, Paulo Quintas, Luís Gomes, Admilson Ribeiro, Valeri Mitov e Andryi Nikolin, por todos os ensinamentos, paciência e acima de tudo companheirismo. Foram as pessoas com quem passei mais tempo no meu estágio e daqui sei que levo companheiros com quem poderei contar sempre.

Aos meus colegas estagiários por toda a amizade e companheirismo. Foram pessoas com quem pude partilhar momentos extraordinários e com quem pude desanuviar de todo o trabalho feito durante estes meses.

Aos funcionários do laboratório pelos ensinamentos de várias técnicas essenciais para o meu trabalho e pela simpatia geral de todos os técnicos.

À minha professora Ana Lúcia Leitão pela oportunidade de ser a minha orientadora e por me oferecer um estágio numa empresa com um renome tão grande.

Aos meus amigos e à minha família que são o meu apoio e as minhas bases em cada passo que dou e por estarem sempre lá para mim em todos os momentos da minha vida.

Resumo

A indústria cervejeira cada vez mais procura reduzir os custos de produção, visando a otimização do processo. Contudo, à medida que a cerveja é produzida ocorrem sempre perdas em extrato que são quantificadas e denominadas de quebra de extrato. A quebra de extrato pode ser evitável e otimizada ou ser inerente ao processo. Na área da Brassagem (produção de mosto), a quebra de extrato é de 2,25%, dividindo-se em quebra evitável que constitui 1,19% e em quebra inerente, representando 1,06% do total da quebra nesta área.

Deste modo, o objetivo desta tese de mestrado incidiu no estudo da área da Brassagem, focando os principais pontos de quebra de extrato, procurando encontrar as devidas ações corretivas que minimizassem ou evitassem a quebra de extrato.

Por conseguinte, foi utilizada a metodologia do VSM (*Value Stream Mapping*) em que foi feito o mapeamento do processo limitado à área da Brassagem, foram identificados os principais pontos críticos representativos de quebra de extrato e ponderadas as respectivas ações corretivas para minimizar esses mesmos pontos críticos.

No final desta tese, foi possível otimizar dois pontos relativos à quebra de extrato, mais especificamente na etapa de filtração e na etapa de clarificação de mosto. Foi ainda otimizado um ponto relativo ao desperdício de vapor no âmbito do aquecimento das caldeiras de empastagem.

Palavras-chave: Cerveja, Extrato, Quebra, Brassagem, Mosto.

Abstract

The beer industry more and more looks forward reducing their production costs by optimizing their process. However, as beer is produced there are always losses in extract that are quantified and known as extract loss. Extract loss may be avoidable and optimized or inherent to the process. In the Brewhouse (beer wort production) the extract loss value was 2.25%, divided in avoidable loss that represents about 1.19% of the extract loss and the inherent loss that covers 1.06% of the total loss in Brewhouse area.

In this way, the main objective of this masters thesis was to study the Brewhouse area, focusing on the principal extract loss points, aiming to find the right corrective actions that could minimize or avoid extract loss.

By following, it was used the VSM (Value Stream Mapping) methodology by mapping the Brewhouse process, identifying the principal critical points that represent extract loss and brainstormed the respective corrective actions to minimize those critical points.

In the end, it was possible to optimize two points related to extract loss, more specifically at the filtration stage and at the wort clarification stage. It was also possible to optimize a point related to steam waste in the heating of mashing kettles.

Keywords: Beer, Extract, Loss, Brewhouse, Wort.

Índice de Matérias:

1.	Fundamento Teórico	1 -
1.1	Enquadramento.....	1 -
1.2	Heineken - História	2 -
1.3	Central de Cervejas	3 -
1.3.1	História.....	3 -
1.3.2	Quebra de Extrato.....	4 -
1.3.3	VSM (<i>Value Stream Mapping</i>).....	5 -
1.4	Matérias-Primas	7 -
1.4.1	Água	7 -
1.4.2	Milho (Gritz)	8 -
1.4.3	Malte	8 -
1.4.4	Lúpulo	8 -
1.4.5	Cevada.....	9 -
1.5	Métodos de controlo de qualidade do malte.....	14 -
1.5.1	Friabilidade.....	14 -
1.5.2	Calibragem	15 -
1.5.3	Rendimento (Método <i>Brassin</i>)	15 -
1.6	Descrição do Processo:.....	15 -
1.6.1	Maltagem.....	15 -
1.6.2	Brassagem	18 -
2	Materiais e métodos	35 -
2.1	VSM (<i>Value Stream Mapping</i>)	35 -
2.2	Friabilidade, Granulometria e Rendimento do malte	39 -
2.2.1	Friabilidade.....	40 -
2.2.2	Granulometria.....	41 -
2.2.3	Determinação do rendimento do malte	41 -
2.3	Determinação do extrato de trub	42 -
3	Resultados e Discussão	43 -
3.1	Análise à Friabilidade, Granulometria e Rendimento do Malte (Silos CM1 e CM4)-	43 -
3.2	Perda de mosto pelo tubo ladrão do Filtro	56 -
3.3	- Pré-Aquecimento do Filtro Meura	63 -
3.4	Temperatura de Pré-Lavagem e Lavagem inferior ao set-point.....	67 -
3.5	Sobre-enchimento do tanque de trub.....	78 -
3.6	Perda de malte ao longo da transferência para os silos	81 -

4	Outros Pontos verificados	- 89 -
4.1	- Temperatura de Doseamento da água do Mechamasher – Identificação do ponto de perda - 89 -	
5	Conclusões	- 93 -
	Bibliografia	- 95 -

Índice de Figuras:

Figura 1.1 Algumas marcas de bebidas associadas à Heineken -adaptada de Heineken (2019).	- 2
-	
Figura 1.2 - Quebra de extrato na Central de Cervejas	- 5
Figura 1.3 - Simbologia relativa ao fluxo de matéria VSM - adaptado de (Silva, 2017).	- 6
Figura 1.4 - Simbologia relativa ao fluxo de informação manual e eletrônico do VSM - adaptado de (Silva, 2017).	- 6
Figura 1.5 - Estrutura do grão de cevada - adaptada de (Central de Cervejas, 2017)	- 9
Figura 1.6 - Estrutura da molécula de amido e atuação das enzimas α e β -amilases – adaptada de IBD (2019)	- 13
Figura 1.7 - Esquema representativo da transferência do malte desde a Malteria até à Brassagem	- 19
Figura 1.8 - Atividade da enzima Termamyl em função do pH e da temperatura - adaptado de Novozymes (2013)	- 21
Figura 1.9 - Esquema representativo das diferentes etapas de ação enzimática ao longo da empastagem – adaptada de Eblinger (2009).	- 23
Figura 1.10 - Atividade da enzima AMG em função do pH e da temperatura adaptado de Novozymes (2013)	- 24
Figura 1.11 - Esquema ilustrativo do Filtro Meura 2001 – adaptado de Meura (2012)	- 25
Figura 1.12 - Placas de filtração – adaptado de (Meura, 2012).	- 26
Figura 1.13 - Fatores que influenciam a necessidade de realização do Pré-Aquecimento ao filtro – figura adaptada de Meura (2012)	- 28
Figura 1.14 - Sistema de funcionamento de uma caldeira de ebulição – (GCB, 2016)	- 32
Figura 1.15 - Sistema de funcionamento de um Whirpool - (GCB, 2016)	- 33
Figura 2.1 - Esquema do processo da Brassagem feito segundo metodologia VSM	- 35
Figura 2.2 - Matriz de benefício em função do esforço usada na metodologia VSM que pode ser baixo (BX), médio (MD) ou alto (AL).	- 38
Figura 2.3 - Recolha da amostra nas fases de entrada (A) e de descarga (B) do silo	- 39
Figura 2.4 - Ponto de recolha da amostra de trub	- 42
Figura 3.1 - Demonstração da divisão do silo (início, meio e fim)	- 43
Figura 3.2 - Análise à Friabilidade do malte no silo CM1	- 44
Figura 3.3 - Análise ao grãos não-modificados do malte no silo CM1	- 45
Figura 3.4 - Resultados relativos à Granulometria ($> 2,5-2,8$ mm) do malte no silo CM1	- 46
Figura 3.5 - Representação da migração de malte ao longo da descarga do silo	- 46
Figura 3.6 - Análise à Granulometria ($< 2,2$ mm) do malte no silo CM1	- 47
Figura 3.7 - Resultados relativos ao rendimento do malte	- 48
Figura 3.8 - Análise à Granulometria ($> 2,5-2,8$ mm) do malte no silo CM4	- 49
Figura 3.9 - Análise à Granulometria ($< 2,2$ mm) do malte no silo CM4	- 51
Figura 3.10 - Rendimento do malte ao longo da descarga do silo CM4	- 52
Figura 3.11 - Representação da ação corretiva relativa à mistura de malte de 2 silos	- 53
Figura 3.12 - Funcionamento do equipamento S-Loader - imagem adaptada de (Buhler Ltd, 2019)	- 55
Figura 3.13 - Ações corretivas e seus custos relativas à variação de granulometria e rendimento do malte ao longo da descarga do silo	- 56

Figura 3.14 - Esquema representativo do fluxo da mistura desde o Mechamasher até ao Tanque Tampão.....	57 -
Figura 3.15 - Enchimento do tanque do filtro da sala 2 à medida que decorre a filtração	58 -
Figura 3.16 - Enchimento do tanque do filtro da sala 2 à medida que decorre a filtração após implementação da ação corretiva	59 -
Figura 3.17 - Enchimento do tanque do filtro da sala 1 à medida que decorre a filtração	60 -
Figura 3.18 - Enchimento do tanque do filtro da sala 1 à medida que decorre a filtração após implementação da ação corretiva	60 -
Figura 3.19 - Ações corretivas e seus custos associados à perda de mosto pelo tubo ladrão do filtro.....	62 -
Figura 3.20 - Ações corretivas e seus custos associados ao Pré-Aquecimento do filtro	65 -
Figura 3.21 - Comparação de extrato entre fabricos sem trub e um fabrico com trub	66 -
Figura 3.22 - Esquema representativo do percurso da água de lavagem até ao filtro	68 -
Figura 3.23 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Janeiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1	70 -
Figura 3.24 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Janeiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2	71 -
Figura 3.25- Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Fevereiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1.....	72 -
Figura 3.26 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Fevereiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2.....	73 -
Figura 3.27 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Março nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1.....	74 -
Figura 3.28 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Março nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2.....	75 -
Figura 3.29 - Perda monetária mensal e total associada à baixa temperatura nas etapas da Pré-lavagem e Lavagem.....	76 -
Figura 3.30 - Esquema representativo do percurso da água usada na etapa de lavagem e percurso alternativo ponderado como ação corretiva.....	76 -
Figura 3.31 - Ações corretivas e seus custos no âmbito das baixas temperaturas durante a Pré-lavagem e Lavagem.....	77 -
Figura 3.32 - Esquema explicativo do sobre-enchimento do tanque de trub	78 -
Figura 3.33 - Ações corretivas e seus custos relativas ao sobre-enchimento do tanque de trub -	81 -
Figura 3.34 - Esquema representativo da transferência de malte desde os silos da malteria até à brassagem, bem como os potenciais pontos de quebra	83 -
Figura 3.35 - Esquema representativo do circuito do pó desde que é gerado até onde é recolhido (malteria)	84 -
Figura 3.36 - Esquema representativo do percurso usado para limpar o pó de malte remanescente no chão da sala e nos equipamentos	84 -
Figura 3.37 - Análise da quebra quantificada e não quantificada de matéria-prima durante a etapa de transferência de malte	87 -
Figura 3.38 - Ações corretivas e seus custos relativas à perda de malte	87 -
Figura 3.39 - Evolução da Quebra de Extrato na área da Brassagem ao longo do ano de 2019- 88 -	
Figura 4.1 - Desperdício de vapor por fabrico	90 -
Figura 4.2 - Desperdício de vapor anual	91 -

Índice de Tabelas:

Tabela 1.1 - Temperaturas e pHs ótimos das enzimas intervenientes durante a empastagem - Dados obtidos a partir de Novozymes (2013).....	22 -
Tabela 2.1 - Código de cores do VSM e seu significado	35 -
Tabela 2.2 - Descrição dos principais pontos de quebra de extrato, seus custos e suas ações corretivas	37 -
Tabela 3.1- Legenda das amostras em função da fase de recolha	44 -
Tabela 3.2 - Legenda das amostras em função da fase de descarga do silo CM4	49 -
Tabela 3.3 - Extratos relativos aos três últimos fabricos de silo.....	54 -
Tabela 3.4 - Dados relativos ao número de fabricos e custo de extrato anual.....	61 -
Tabela 3.5 - Desperdício de extrato em quilogramas e em euros, bem como a sua quebra	62 -
Tabela 3.6 - Análise à variação da temperatura de Pré-Aquecimento em diferentes equipamentos	64 -
Tabela 3.7 - Comparação de extrato entre fabricos descontando o extrato do trub	67 -
Tabela 3.8 - Variação de Temperatura ao longo das etapas de Pré-Lavagem e Lavagem	68 -
Tabela 3.9 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Janeiro	72 -
Tabela 3.10 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Fevereiro.....	73 -
Tabela 3.11 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Março	75 -
Tabela 3.12 - Ações corretivas adotadas no âmbito do sobre-enchimento do tanque de trub.-	79 -
Tabela 3.13 - Quebra de extrato e perda monetária relativa ao sobre-enchimento do tanque de trub	80 -
Tabela 3.14 - Média de malte pesado na balança da Brassagem entre os meses de Janeiro e Junho, média diferencial entre o que foi pesado na balança e o que foi inserido no fabrico e a sua respectiva quebra de extrato.....	82 -
Tabela 3.15 - Dados obtidos e relativos à recolha de pó de malte numa trasfega de malte	85 -
Tabela 3.16 - Erros associados à pesagem da balança e das básculas da Brassagem, bem como a quebra associada às mesmas	86 -
Tabela 4.1 - Poupança anual em vapor após ação corretiva.....	91 -
Tabela A1.1 -Dados de Friabilidade, Granulometria e Rendimento no CM1.....	98-
Tabela A1.2 - Dados de Granulometria e Rendimento no CM1.....	98-
Tabela A1.3 - Dados de Granulometria e Rendimento no CM4.....	99-
Tabela A2.1 - Dados relativos ao extrato de mosto perdido pelo <i>tubo</i> ladrão.....	99-
Tabela A3.1 - Comparação de extrato de filtração entre fabricos com e sem trub.....	100-
Tabela A3.2 - Extrato de trub referente ao fabrico 214.....	100-
Tabela A4.1 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (1ª semana de Janeiro).....	101-
Tabela A4.2 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (2ª semana de Janeiro).....	102-
Tabela A4.3 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Janeiro).....	103-

Tabela A4.4 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Janeiro para a Sala 1).....	-104-
Tabela A4.5 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Janeiro para a Sala 2).....	-105-
Tabela A4.6 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (5ª semana de Janeiro para a Sala 1).....	-106-
Tabela A4.7 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (5ª semana de Janeiro para a Sala 2).....	-107-
Tabela A4.8 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (1ª semana de Fevereiro para a Sala 2).....	-108-
Tabela A4.9 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (2ª semana de Fevereiro para a Sala 2).....	-109-
Tabela A4.10 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Fevereiro para a Sala 1).....	-110-
Tabela A4.11 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Fevereiro para a Sala 2).....	-111-
Tabela A4.11 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Fevereiro para a Sala 1).....	-112-
Tabela A4.12 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Fevereiro para a Sala 2).....	-113-
Tabela A4.13 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (1ª semana de Março para a Sala 1).....	-114-
Tabela A4.14 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (2ª semana de Março para a Sala 1).....	-115-
Tabela A4.15 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Março para a Sala 1).....	-116-
Tabela A4.16 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Março para a Sala 2).....	-117-
Tabela A4.17 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Março para a Sala 1).....	-118-
Tabela A4.18 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Março para a Sala 2).....	-119-
Tabela A5.1 - Dados relativos ao cálculo de extrato, quebra de extrato e perda monetária de trub vazado para o esgoto.....	-120-
Tabela A6.1 - Dados específicos associados ao cálculo do desperdício de vapor no aquecimento da água doseada pelo Mechamasher.....	-120-
Tabela A6.2 - Massa de vapor e custo de fabrico associados ao aquecimento da água doseada pelo Mechamasher.....	-120-

Lista de abreviaturas

AMG – amiloglucosidase

SCC – Sociedade Central de Cervejas

SG – *Specific Gravity*

VSM - *Value Stream Mapping*

1. Fundamento Teórico

1.1 Enquadramento

A Sociedade Central de Cervejas (SCC) é uma empresa cervejeira que teve a sua fundação em 1934 com o intuito de produção e comércio de cervejas. Hoje em dia faz parte do grupo Heineken, baseando-se e seguindo as normas implementadas por esta empresa. A SCC, produz na sua maioria, cerveja Sagres, cerveja esta que constitui uma das cervejas mais vendidas em Portugal, podendo chegar a produzir cerca de 12 000 hectolitros de cerveja diariamente.

Contudo, ao longo do processo cervejeiro existem sempre perdas (quebras) associadas à produção. Uma destas perdas constitui a quebra em extrato (açúcares com potencial de serem fermentados). Este tipo de perda pode ser inerente ao próprio processo e aos equipamentos disponíveis (limite tecnológico) ou evitável e passível de ser corrigida (quebra evitável). Nos dias de hoje, a SCC apresenta uma quebra de extrato total 7,08%, sendo que 4,91% englobam o limite tecnológico e 2,17% a quebra passível de se evitar. Visto que 1,00% de quebra de extrato representa um desperdício de cerca de 137200 €, torna-se de elevada importância tentar reduzir estas mesmas quebras.

Deste modo, esta tese teve como objetivo o estudo e otimização da quebra de extrato na área da Brassagem (produção de mosto). Primeiramente procedeu-se ao mapeamento do processo, identificando os pontos de quebra ou oportunidades de melhoria, tendo sido as mesmas priorizadas de acordo com o seu impacto na quebra de extrato. Por fim, procedeu-se a um “*brainstorming*” de forma a se avaliar quais seriam as ações corretivas mais exequíveis de serem tomadas, procurando atingir um benefício elevado associado a um custo baixo.

1.2 Heineken - História

Em 1873 um jovem de seu nome Gerard Heineken descobriu o seu gosto pela produção de cerveja. Por conseguinte, comprou um terreno e construiu uma cervejaria, posicionada no centro de Amsterdão, trabalhando para aperfeiçoar a cerveja que viria a ser a primeira cerveja “premium” da Holanda. Ao longo dos 140 anos seguintes, o nome Heineken foi-se espalhando e ganhando cada vez mais nome pelo Mundo, tendo o negócio passado para os filhos de Gerard e consequentemente para os netos (Heineken, 2019).

A base do sucesso desta cerveja encontra-se nos seus ingredientes, água, malte de cevada, lúpulo e levedura. Ao longo dos anos os mestres cervejeiros foram continuamente aperfeiçoando a receita e o processo, chegando à conclusão que a chave para uma fermentação de topo usando a levedura em causa, seria a realização da fermentação em tanques horizontais, concluindo a produção da sua cerveja em 28 dias. Neste momento, conta com um número de vendas de 25 milhões de cervejas em 192 países por dia (Heineken, 2019).

A Heineken contempla mais de 200 marcas, incluindo marcas internacionais como a *Tiger*, *Birra Moretti*, *Desperados*, *Strongbow*, *Stassen*, *Bulmers*, *Blind Pig* e claro a Sagres, como pode ser observado na figura 1.1 (Heineken, 2019).



Figura 1.1 Algumas marcas de bebidas associadas à Heineken -adaptada de Heineken (2019)

1.3 Central de Cervejas

1.3.1 História

A SCC foi fundada em 1934 com o intuito de comercializar as cervejas produzidas pela Companhia Produtora de Malte e Cerveja Portugal, Companhia de Cervejas Estrela, Companhia de Cervejas Coimbra e Companhia da Fábrica da Cerveja Jansen. Em 1977 através da união entre a SCC, S.A.R.L e a Cergal – Cervejas de Portugal, S.A.R.L, nasceu a Centralcer – Central de Cervejas, E.P. Anos depois, em 1990 o capital da empresa foi totalmente privatizado, tornando-se a primeira operação de privatização a 100% alguma vez feita em Portugal. Posteriormente, o Grupo Empresarial Bavaria tornou-se um dos acionistas maioritários da Centralcer – Central de Cervejas S.A (Central Cervejas e Bebidas, 2019).

No ano 2000, deu-se nova modificação na constituição do capital acionista, consequência da sua venda à VTR-SGPS, S.A., um grupo de investidores portugueses (Parfil, BES, Fundação Byssaia Barreto, Olinveste e Fundação Oriente). Por conseguinte, no Verão do mesmo ano, o grupo cervejeiro internacional Scottish & Newcastle viria a obter 49% da empresa. No âmbito da reestruturação orgânica do Grupo, ocorre em Dezembro de 2001 a fusão entre a Centralcer – Central de Cervejas, S.A. e a Centralcontrol S.G.P.S., S.A. (empresa incorporante). A empresa alterou, deste modo, a sua denominação para SCC - Sociedade Central de Cervejas, S.A., bem como a sua sede para as atuais instalações fabris. Em 2003, a Scottish & Newcastle adquiriu 100% das ações da Parfil, permitindo-lhe obter o controlo total da SCC e da Sociedade da Água de Luso. A Empresa passou a designar-se, a partir de 2004, SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A., nome que reflete melhor o intuito e o rumo da sua atividade que se enquadra não só na produção de cerveja, mas também de água e refrigerantes (Central Cervejas e Bebidas, 2019).

Em 2007, após ter sido estabelecido um Consórcio entre a Carlsberg e a Heineken, teve lugar um processo de oferta de compra do Grupo Scottish & Newcastle. Como resultado das negociações, a Heineken assumiu, em 29 de Abril de 2008, o controlo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas (SCC), após a finalização do processo de aquisição da Scottish & Newcastle (S&N) pelo Consórcio. Este desfez-se, após o negócio, mantendo-se a tradicional e saudável concorrência entre ambos os grupos (Central Cervejas e Bebidas, 2019).

1.3.2 Quebra de Extrato

Ao longo de um processo industrial existem sempre perdas de matéria, não se obtendo um rendimento de 100% na produção do produto final. Contudo, o objetivo das indústrias passa cada vez mais por reduzir as perdas, de forma a se aproximar o mais possível de um rendimento de 100%, reduzindo assim os custos associados a essas mesmas perdas (Somsen, 2002).

No caso da Indústria Cervejeira, muitas das perdas/quebras de matéria que se observam e se contabilizam são relativas ao extrato. O extrato representa a quantidade de matéria solúvel em água que é equivalente a uma certa quantidade de açúcar solúvel em água. Deste modo, as perdas de extrato que são observadas ao longo do processo, são designadas pelo termo técnico quebra de extrato. A quebra de extrato é medida em percentagem e representa a diferença entre a quantidade de extrato que entra inicialmente no processo e a quantidade de extrato que se obtém no final do processo, dividido pela quantidade de extrato que se obtém no final do processo (Heineken Supply Chain, 2017).

A quebra de extrato representa custos para a empresa, e daí, cada vez mais, a empresa visar a implementação de ações corretivas ou preventivas que provoquem a sua redução. Contudo, existem certas limitações ou impedimentos no que toca à redução da quebra de extrato. Estas limitações são definidas pelos denominados limite técnico e limite tecnológico total (Heineken Supply Chain, 2017).

O limite técnico é referente ao nível mínimo de perda de extrato usando o equipamento e processo existentes, otimizados para a quebra de extrato. Já o limite tecnológico total, refere-se ao nível mínimo de perda de extrato usando o equipamento e processo existentes e todas as receitas e standards usados no processo. Estes limites irão originar três tipos de quebra de extrato, designadas de quebra de extrato evitável, não-evitável e não-quantificada. Enquanto a quebra de extrato evitável diz respeito à diferença entre a quebra de extrato atual e o limite tecnológico total, a quebra de extrato não-evitável é igual ao limite tecnológico total. Por fim, a quebra de extrato não-quantificada representa a diferença entre a quebra de extrato atual e a soma da quebra de extrato no âmbito do processo de medição de perdas (Heineken Supply Chain, 2017).

A figura 1.2 diz respeito à quebra de extrato na SCC, bem como na área da Brassagem no ano de 2018.

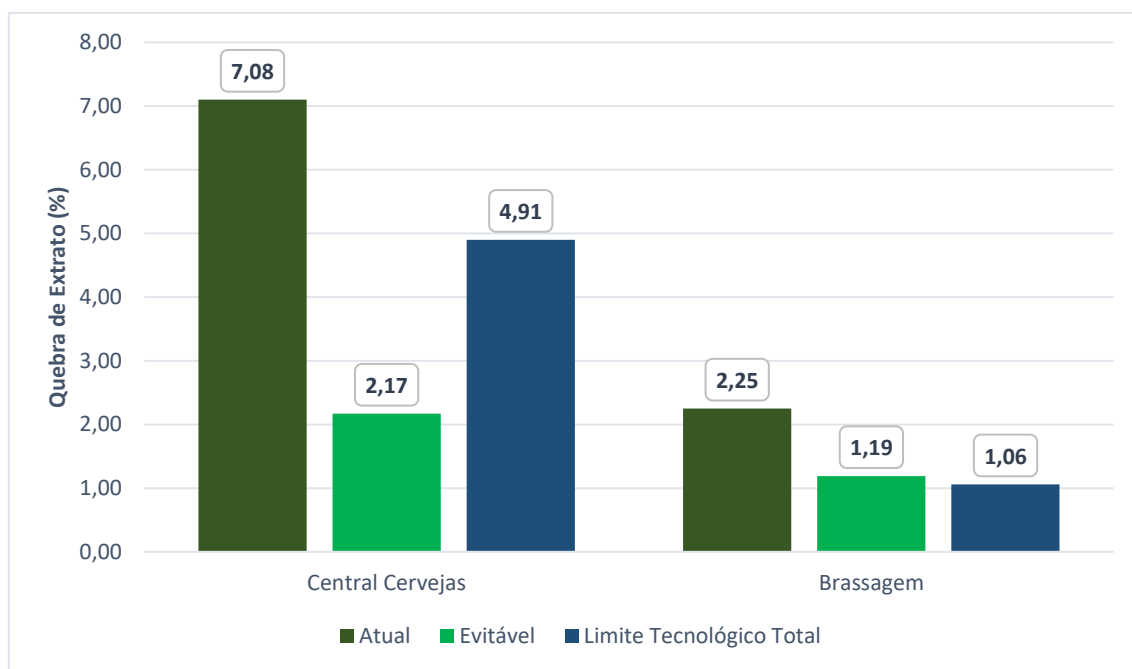


Figura 1.2 - Quebra de extrato na Central de Cervejas

Por forma a se perceber quais serão os pontos representativos de quebra de extrato prioritários a serem atacados, existem várias metodologias a serem usadas, entre as quais se inclui o VSM (*Value Stream Mapping*).

1.3.3 VSM (*Value Stream Mapping*)

O VSM é, por definição, a metodologia de identificação e desenho de fluxos de informação e dos materiais, ao longo de toda a cadeia de abastecimento, desde os fornecedores de matérias-primas até à entrega do produto final ao seu cliente. Nesta metodologia devem estar explícitos os fluxos de materiais, de informação e de pessoas/processos. Apesar de trabalhar os três fluxos, o VSM foca-se com maior ênfase no fluxo de materiais e de informação (Silva, 2017).

Os objetivos do VSM baseiam-se em identificar desperdícios e as suas fontes, adotar medidas de forma a os eliminar, comunicar e praticar os conceitos *Lean*, criando uma linguagem comum de avaliação de processos. Primeiramente, o VSM assenta no mapeamento do processo e ícones do VSM (Silva, 2017).

1.3.3.1 Mapeamento do Processo

Nesta etapa, percorre-se todo o fluxo de valor de trás para a frente, iniciando-se no cliente e terminando no fornecedor, de forma a se obter uma visão geral da sequência dos processos.

Após se perceber onde termina (cliente) e onde inicia (fornecedor) o VSM, elabora-se assim o mapa do processo. Para tal são usados vários símbolos que são referentes a cada especificação do mapa. Este mapa é elaborado fisicamente, desenhando os símbolos em post-it e colando-os numa cartolina (Silva, 2017). Os símbolos usados nesta metodologia podem ser vistos nas figuras 1.3 e 1.4.

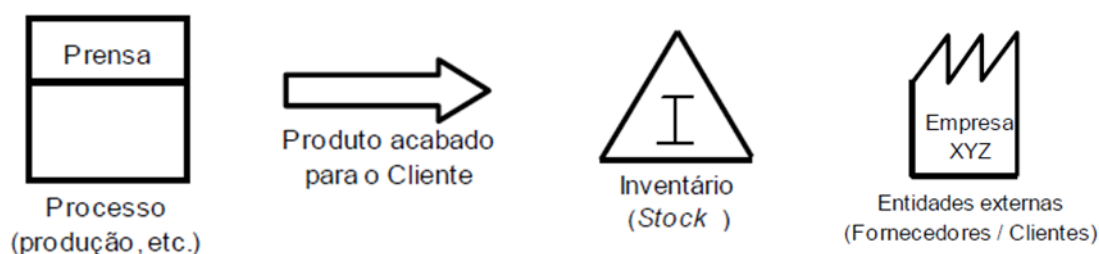


Figura 1.3 - Simbologia relativa ao fluxo de matéria VSM - adaptado de (Silva, 2017).

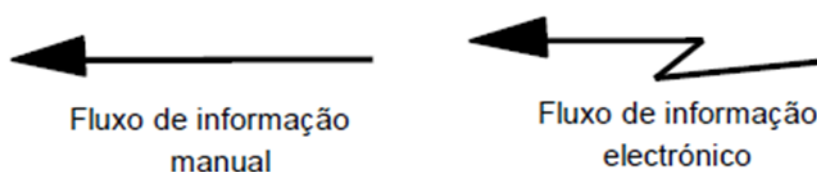


Figura 1.4 - Simbologia relativa ao fluxo de informação manual e eletrônico do VSM - adaptado de (Silva, 2017).

Na figura 1.3 encontram-se representados quatro símbolos. O símbolo relativo ao processo representa uma etapa ou um equipamento que seja utilizado no fluxo de matéria e onde haja transformação da matéria-prima. O símbolo representado pela seta simboliza o fluxo de matéria de etapa para etapa. O inventário representado como um triângulo corresponde a uma etapa/equipamento onde não se verifica transformação de matéria-prima. Por fim, o símbolo que representa a empresa é usado para delimitar o mapa, desde o fornecedor até ao cliente. Na figura 1.4 encontram-se as setas representativas dos fluxos de informação, tanto informação que é introduzida manualmente (operadores) ou eletrônico (Brewmax, SAP) (Silva, 2017).

Para se completar este mapa é necessária a introdução das oportunidades de melhoria, ou seja, pontos no processo que sejam passíveis de otimização, e ainda informação adicional que serve de

auxílio ao controlo dessas mesmas oportunidades. Para se perceber a causa raiz dos problemas identificados é usada uma metodologia denominada de análise de 5 porquês.

1.3.3.2 Análise de 5 porquês

A análise de 5 porquês é uma metodologia usada para a deteção da relação causa-efeito num dado problema, servindo de auxílio quando a causa desse mesmo problema não é encontrada com facilidade. Este método baseia-se em fazer repetidamente a pergunta “porquê”, com o objetivo de se chegar cada vez mais perto da causa do problema em questão. Apesar desta metodologia ser denominada de análise de 5 porquês, pode não se resumir a 5 perguntas, mas a mais, defendendo alguns autores que 7 porquês são mais esclarecedores do que apenas 5 (Sondalini, 2019).

Chegando à causa raiz, pondera-se quais são as ações corretivas ou as ações preventivas que se podem adotar para corrigir o problema em questão (Sondalini, 2019).

Posteriormente estas ações são avaliadas de acordo com o seu benefício em função do esforço da implementação de cada uma delas. A priorização de cada ação corretiva é dada através da realização de uma matriz benefício/esforço. O benefício implicado na aplicação de cada ação corretiva, diz respeito à recompensa em termos de redução da quebra de extrato e consequentemente redução de custos para a empresa. O esforço considerado nesta matriz é relativo ao custo associado à aplicação da ação corretiva. Estes dois parâmetros servem então de auxílio ao entendimento das ações que devem ser otimizadas em primeiro lugar e, por sua vez, as que devem ser adiadas para o final.

1.4 Matérias-Primas

1.4.1 Água

Em termos de quantidade, a água é o elemento mais importante na produção de cerveja. Deste modo, a sua qualidade químico-biológica torna-se de elevada relevância para o processo cervejeiro (Krottenthaler *et al*, 2009). Algumas características respeitantes à qualidade da água têm de ser respeitadas. Os parâmetros da água têm de estar enquadrados nos limites definidos pela *World Health Organization* (WHO), tendo a água de ser ótima para consumo. A água tem de estar livre de germes e substâncias potencialmente prejudiciais à saúde humana (Eumann *et al*, 2016). Não obstante, existem outras características como a dureza, o pH e a temperatura da água que devem ser devidamente ajustados de forma a se obter a cerveja ideal. A dureza da água é

influenciada pela quantidade de bicarbonato, sendo que altas quantidades de bicarbonato traduzem-se num pH elevado, influenciando negativamente a atividade enzimática, a estabilidade da cerveja e ainda o seu sabor (Buttrick, 2013). Por outro lado, a altas temperaturas existe maior dissociação das moléculas da água e por conseguinte, o pH desce. Deste modo é necessário ter em conta alguns fatores para se obter um mosto e, por conseguinte, uma cerveja de elevada qualidade (Bamforth, 2001).

1.4.2 Milho (Gritz)

O milho é um dos adjunto usado na produção de cerveja Sagres. Os adjuntos são usualmente usados com o objetivo de substituir o malte, por serem uma fonte de extrato mais barata, atribuir um sabor diferente à cerveja. O milho apresenta ainda um elevado rendimento de produção de extrato, o que o torna numa fonte muito apelativa para os fabricantes (IBD, 2019).

1.4.3 Malte

O grão de malte é originado após todo um processamento de maltagem do grão de cevada, que inclui três etapas específicas que são denominadas molha, germinação e secagem. A cevada tem de ser maltada para os seus constituintes se tornarem solúveis em água, para a produção de enzimas e para o amido ficar disponível à ação dessas mesmas enzimas (Kreisz, 2009 ; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

1.4.4 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta crucial no processo de produção de cerveja. Esta planta tem múltiplas funções no que toca à sua atuação na cerveja, entre as quais se destacam a contribuição para o perfil sensorial amargo característico da cerveja, na precipitação de certos compostos nitrogenados do mosto, na atribuição de propriedades antimicrobianas e no auxílio à esterilização do mosto. Não obstante, contribuem ainda para o aumento e estabilização da espuma da cerveja e para a aderência da espuma ao copo à medida que a cerveja é consumida (Almaguer *et al*, 2014).

O lúpulo contém na sua composição α -ácidos e β -ácidos (Ayabe *et al*, 2018). Os α -ácidos são isomerizados, durante a etapa de ebulição do mosto, em compostos mais solúveis denominados de iso- α -ácidos, sendo 85% do amargor da cerveja conferido por estas moléculas (Ayabe *et al*,

2018; Almaguer *et al*, 2014). Contudo, outros compostos como polifenóis e produtos de oxidação de β -ácidos também contribuem para o amargor (Almaguer *et al*, 2014).

A atividade antimicrobiana exibida por esta planta permite à cerveja estar isenta de microorganismos como bactérias, fungos e mesmo protozoários, auxiliando assim a conservação da cerveja (Almaguer *et al*, 2014).

1.4.5 Cevada

A cevada é um cereal usado maioritariamente para alimentação humana, animal e para produção de cerveja. Este cereal encontra-se na quarta posição do *ranking* dos cereais mais produzidos no mundo, apenas atrás do milho, trigo e do arroz (Roustan *et al*, 2018). Contudo, o grão de cevada apresenta-se como o cereal mais utilizado na produção de cerveja em todo o Mundo. A cevada pode ser diferenciada de acordo com o número de fiadas que apresenta e com a altura do ano em que é cultivada e recolhida. A cevada pode apresentar duas fiadas (cevada dística) ou seis fiadas (cevada hexástica), dependendo do seu arranjo físico. Não obstante, a cevada pode ser classificada em dois tipos, denominados de cevada de Inverno e cevada de Primavera (FAO, 2009). A cevada de Inverno é cultivada, de forma geral, entre Novembro e Fevereiro e recolhida em Julho apresentando uma estrutura composta por duas fiadas, denominada de cevada dística. Por outro lado, a cevada de Primavera é geralmente cultivada em Novembro e recolhida em Junho, apresentando na sua estrutura duas fiadas ou seis fiadas (Central Cervejas e Bebidas, 2017).

A cevada contém muitos componentes que contribuem para a composição do mosto, como açúcares, vitaminas, minerais, polifenóis, nucleótidos e lípidos. O grão de cevada é constituído essencialmente por quatro partes fundamentais, o endosperma, o embrião, a camada de aleurona e a casca como pode ser observado na figura 1.5.

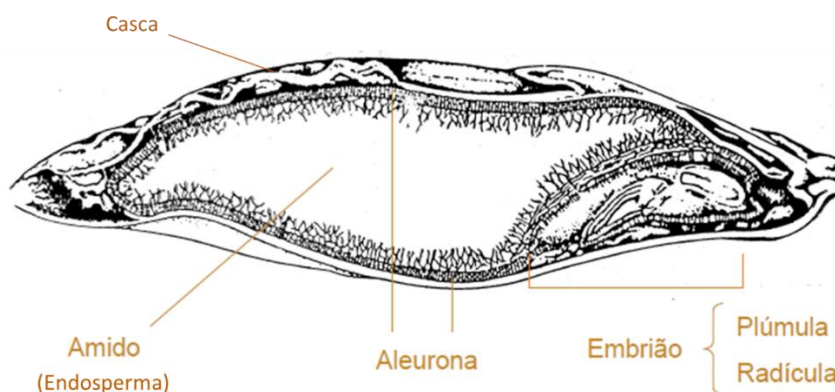


Figura 1.5 - Estrutura do grão de cevada - adaptada de (Central de Cervejas e Bebidas, 2017)

1.4.5.1 Embrião

O embrião, constitui 2-5% do grão de cevada e é o tecido vivo mais importante na cevada, correspondendo à parte fértil do mesmo, sendo constituído por amido, proteínas e lípidos. O objetivo do embrião é originar uma planta que dará posteriormente origem a sementes (Fox, 2010).

Inicialmente o grão encontra-se num estado de dormência, sendo esse estado quebrado pela entrada de água durante a fase de germinação. Com a entrada de água ocorre a indução da libertação de hormonas de crescimento tais como ácidos giberélico e ácido abscísico. Estas hormonas levam à produção e libertação de enzimas presentes na camada de aleurona, originando a quebra das paredes celulares, o armazenamento de proteínas e de grânulos de amido presentes no endosperma (Gorzolka *et al*, 2016).

Contudo, torna-se relevante a paragem da fase de germinação ao fim do quinto/sexta dia, de forma a que os açúcares presentes no endosperma não sejam todos consumidos pela planta/radícula que se vai desenvolvendo (Fox, 2010).

1.4.5.2 Camada de Aleurona

A camada de aleurona, tal como o embrião, também representa tecido vivo, contendo na sua estrutura proteínas, amido e lípidos e constituindo cerca de 8-15% do grão de cevada (Fox, 2010). Não obstante a camada de aleurona é também rica em minerais e atua como protetora do endosperma (Becraft, 2010). A sua parede celular é composta por β -glucanos, arabinoxilano e ácidos fenólicos. Esta estrutura, tem uma intervenção fulcral na expressão de um conjunto de enzimas que atuam durante a germinação do grão de cevada, entre as quais se distinguem as enzimas α -amilase, β -amilases, proteases, α -glucosidases e β -glucanases (Fox, 2010). A atividade conjunta destas enzimas é denominada de poder diastásico e depende de diversos fatores como o a temperatura, o substrato e o pH (Fox, 2010 ; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

- α -amilase

É uma enzima endo-hidrolase que catalisa a reação de quebra das ligações glicosídicas α -(1-4). Esta enzima não é detetável no grão de cevada, contudo aumenta quando se inicia a fase da

germinação. Tem a sua atividade ótima à temperatura de 73°C e no intervalo de pH entre 5,6-5,8 (Fox, 2010; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

- β -amilase

É uma exo-enzima que cliva o dissacárido maltose nas terminações amilose e amilopectina, sendo a única enzima presente na cevada antes de sofrer o processo de maltagem. De forma a se otimizar a eficácia desta enzima, a temperatura ideal é de 62-65°C e o pH entre 5,4-5,6 (Fox, 2010; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

- α -glucosidase

É uma enzima que catalisa a libertação das moléculas de glucose a partir da maltose e de outras moléculas de açúcar com peso moleculares superiores. A sua atividade é maior quando o seu pH está entre 4,5-4,8 na degradação da maltose e a 5,0 na degradação de amido quando a sua temperatura ronda os 75°C (Fox, 2010; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

- β -glucanase

Esta enzima é produzida durante a fase de germinação na camada de aleurona e tem como função primordial degradar os β -glucanos das paredes celulares durante esta mesma fase. A sua otimização é feita com temperaturas a rondar os 47°C, sendo de elevada relevância devido ao impacto negativo que os β -glucanos têm, como o aumento da viscosidade da mistura, que leva à redução da eficiência da filtração do mosto e, consequentemente, do processo de produção de cerveja (Fox, 2010; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

– Proteases

As proteases são essenciais na degradação das ligações proteicas. Estas enzimas têm a sua atividade otimizada à temperatura de 50°C e pH entre 4,6-5,0. A atuação das proteases é de elevada relevância na medida em que a sua função influencia a quantidade de aminoácidos disponíveis para o funcionamento da levedura, mas também o nível de espuma da cerveja. Deste modo, é importante haver um balanço na atividade desta enzima (Fox, 2010 ; Central Cervejas e Bebidas, 2017).

1.4.5.3 Casca

A percentagem de casca de um grão de cevada varia normalmente entre 7-25% dependendo de vários fatores, entre os quais se destacam o ambiente em que cresce, o tamanho do grão e ainda a época do ano. Por conseguinte, as cevadas de Inverno (hexásticas) apresentam maior abundância em cascas do que as cevadas de Primavera (dísticas) (Fox, 2010).

A casca apresenta um conjunto diversificado de funções na colheita, tanto *à priori* como *à posteriori*, sendo ainda essencial durante o processo de produção de cerveja. Por um lado, durante o amadurecimento do grão, a casca é responsável pelo estado de dormência do grão, inibindo a germinação do mesmo e protegendo ainda o embrião durante o processo de maltagem. Já no processo de produção de cerveja, a casca apresenta uma função essencial na filtração do mosto para obtenção do extrato (Fox, 2010). Contudo, a casca contém cerca de 70-80% do polifenol total presente na cerveja, composto este que pode causar amargor excessivo, mudanças de cor e excessiva recuperação de trub (Moura *et al*, 2018).

1.4.5.4 Endosperma

O endosperma é uma das estruturas maioritárias do grão de cevada, correspondendo a cerca de 75% do peso seco do grão. Esta estrutura é delimitada por uma membrana de aleurona exterior, composta por células vivas contendo proteínas e lípidos e possuindo ainda no seu interior células mortas compostas por granulos de amido embebidos numa matriz proteica (Kok *et al*, 2018). A sua composição química está diretamente relacionada com a qualidade do malte, sendo constituído essencialmente por polissacáridos, tanto amiláceos, na sua maioria, e não amiláceos (Fox, 2010). O amido é o maior constituinte presente no endosperma, representando cerca de 60% do peso total do grão e sendo composto essencialmente por amilopectina, (75-80%), e por amilose (20-25%) (Boulton *et al*, 2001). A amilose é uma molécula linear de glucose ligada por ligações α -1-4. Por outro lado, a amilopectina tem uma estrutura ramificada sendo constituída por ligações α -1-4 e α -1-6 (IBD, 2019), como pode ser observado na figura 1.6.

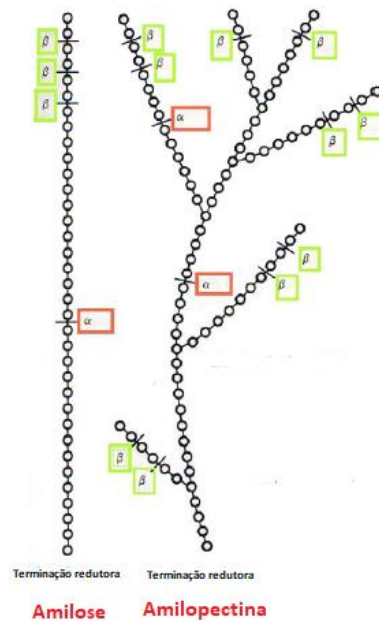


Figura 1.6 - Estrutura da molécula de amido e atuação das enzimas α e β -amilases – adaptada de IBD (2019)

Este rácio entre amilopectina e amilose é de elevada relevância pois interfere na temperatura de gelatinização do amido. Amidos com elevados valores de amilose apresentam temperaturas de gelatinização mais elevadas que o usual e maior resistência à ação de enzimas. Contudo, elevados conteúdos de amilopectina resultam em valores de extrato menores, maiores valores de β -glucanos e menores taxas de modificação. Desta forma, o requerimento principal assenta numa cevada com elevados teores de amido, que não seja perdido durante o processo de maltagem e que seja facilmente convertido em açúcares fermentáveis, ou seja, com temperaturas baixas de gelatinização (Fox, 2010).

Todavia, este requerimento é influenciado pelos constituintes maioritários das paredes celulares do endosperma, denominados de β -glucanos (75%), sendo a restante percentagem da parede celular praticamente entregue ao cargo dos arabinosilanos (20%). A composição em β -glucanos no grão de cevada varia entre 2-9% e a sua solubilidade depende não só do número de ligações, mas também do tamanho das moléculas. A desintegração da parede celular e destas moléculas durante a maltagem está diretamente relacionada com o aumento da acessibilidade ao extrato presente no endosperma. Não obstante, este componente deve ser degradado durante a maltagem, devido ao facto de as enzimas β -glucanases, (enzimas que degradam os β -glucanos), não serem termoestáveis, sendo inativadas à medida que decorre a empastagem, e por promover o aumento da viscosidade do mosto (Fox, 2010).

Este aumento da viscosidade deve-se ao facto de os β -glucanos formarem facilmente géis, diminuindo a eficiência e velocidade da filtração, tendo ainda influência na remoção do extrato durante esta etapa. Contudo, os β -glucanos contribuem para o aumento da durabilidade da espuma da cerveja, tornando-a ainda mais encorpada (Jonkova *et al*, 2013).

Por fim, outros componentes relevantes na constituição do endosperma são as proteínas. A principal proteína presente no endosperma é a prolamina (hordeína), representando 50% da sua constituição, sendo o resto do endosperma constituído por albumina, globulina e glutenina. A quantidade destas proteínas no endosperma tem grandes implicações na produção de cerveja. Por um lado, elevados teores de proteína não são desejáveis devido ao facto de haver uma correlação inversa entre os níveis de proteína e de amido e consequentemente de extrato. Contudo, se a fração proteica no malte for reduzida, a nutrição em aminoácidos essencial para o funcionamento da levedura também será menor. Não obstante, a presença em proteína, péptidos e aminoácidos influencia outros fatores, afetando positivamente a espuma mas negativamente o prazo de consumo preferencial da cerveja, devido à formação de turvação (Fox, 2010).

1.5 Métodos de controlo de qualidade do malte

O malte não é homogéneo nas suas características, variando nos seus conteúdos em açúcar, proteínas, gordura e ainda no seu rendimento de lote para lote. Deste modo, torna-se relevante analisar o malte de acordo com a sua qualidade. Três das características que podem ser avaliadas no malte são a friabilidade, a granulometria e o rendimento. Estes três fatores causam impacto na quebra de extrato, sendo deste modo relevante a sua análise.

1.5.1 Friabilidade

O método da friabilidade é usado para determinar a resistência física de um material, quando submetido a uma força física de tensão ou compressão (Saleem *et al*, 2014).

Esta técnica baseia-se no uso de um aparelho denominado de Friabilímetro. A amostra de malte é colocada no tambor rotativo do Friabilímetro, cuja superfície consiste num peneiro. Os grãos são forçados contra o crivo rotativo durante um certo intervalo de tempo. À medida que decorre a análise, as frações modificadas do grão são forçadas a passar através do crivo, enquanto as partes de grão não-modificadas ficam retidas no tambor. A massa de fragmentos não-modificados que permanece após 8 minutos é determinada, permitindo calcular a friabilidade do grão de malte (Analytica, 2016).

1.5.2 Calibragem

O método de calibragem baseia-se na avaliação da granulometria de um grão, com o objetivo de determinar as suas dimensões, a dispersão dessas dimensões e ainda a percentagem de grãos partidos e de matéria estranha (Analytica, 1998).

Esta técnica incide numa triagem à cevada ou ao malte em função do tamanho dos seus grãos com o auxílio dum aparelho vibratório (calibrador) que contém 3 peneiros com fendas de dimensões diferentes. A largura das fendas é de 2,8 mm para o peneiro de cima, 2,5 mm para o peneiro intermédio e 2,2 mm para o peneiro de baixo (Analytica, 1998). Deste modo, peneiros com ranhuras diferentes permitem separar o cereal de acordo com o seu tamanho.

1.5.3 Rendimento (Método *Brassin*)

O método *Brassin* tem como objetivo determinar o potencial que um certo tipo de malte tem para originar mostos solúveis, usando um programa de brassagem padronizado. O extrato do malte é determinado, a partir do conteúdo em extrato do mosto resultante, após se proceder à simulação das fases de brassagem e filtração. O conteúdo em extrato do mosto determina-se a partir da densidade específica à temperatura de 20°C através da consulta de tabelas de açúcar (em grau plato) (Heineken Supply Chain, 2011).

O termo densidade específica diz respeito à razão entre o peso de um certo volume líquido à temperatura de 20°C e o peso do mesmo volume de água à mesma temperatura. O valor de densidade específica é convertido por sua vez para um valor de extrato usando uma tabela de Goldiner, Klemann e Kompf (°Plato) e é calculado o rendimento (Heineken Supply Chain, 2011).

1.6 Descrição do Processo:

1.6.1 Maltagem

A conversão do grão de cevada a malte é feita por um processo designado de maltagem. Este processo incide especificamente em três etapas fundamentais denominadas de **molha**, **germinação** e **secagem**.

1.6.1.1 Molha

Durante a molha, o grão de cevada é inserido em tinas, onde ocorre a adição de água, aumentando o seu teor de humidade de 10-14% até 41-45%, de forma a ocorrer a sua germinação (Wiley, 2005). Esta fase é essencial ao processo de fabricação de cerveja devido ao facto do amido do grão não ser solúvel em água, tendo primeiramente de ser sujeito a esta fase (Kreisz, 2009).

A água tem de ter um mínimo de qualidade, por forma a ser considerada água potável para consumo, e a sua adição tem de ser feita em condições controladas de temperatura, tempo de molha, alternância entre períodos húmidos e a seco, tendo-se ainda em consideração o fornecimento de oxigénio ao sistema (Kreisz, 2009).

As temperaturas de molha obedecem à gama de 15-20°C, sendo que a elevadas temperaturas e excesso de água, pode ser acelerado o crescimento microbiano. Não obstante, o fornecimento de ar ao sistema é também de elevada importância, na medida em que é necessário para os grãos poderem respirar, sendo que a sua ausência provoca acumulação de CO₂, originando reações de fermentação, degradando o embrião (Wiley, 2005). É, desta forma, relevante haver a alternância entre períodos húmidos e períodos a seco. Após 4-20 horas da fase de molha, procede-se à fase de germinação do grão (Kreisz, 2009).

1.6.1.2 Germinação

Nesta etapa, os grãos são primeiramente transferidos para *saladin boxes* onde ficam a germinar durante 5-6 dias. As *saladin boxes* (camâras de germinação) são estruturas essenciais para manter a temperatura e providenciar ar e humidade essenciais no desenvolvimento do grão (Oser, 2015). Esta etapa engloba diversos objetivos da entre os quais se destacam a degradação controlada das paredes celulares e da matriz proteica do grão, minimizar as potenciais perdas de extrato que podem ocorrer durante o crescimento e respiração do grão e produzir malte verde adequado para a fase de secagem (Kreisz, 2009). Contudo, o objetivo primordial é a produção ótima de enzimas que irão degradar as paredes celulares, as proteínas e o amido do endosperma, aumentando assim a fragilidade do grão de cevada, tornando assim mais acessível a exposição dos seus açúcares (Farzaneh *et al*, 2017). Estes objetivos são atingidos através do controlo de certos parâmetros, tais como o tempo de germinação, a temperatura, o rácio O₂ e CO₂, e a presença de ácido giberélico (Kreisz, 2009).

Ao fim de cerca de 12h de germinação, verificam-se as primeiras modificações no grão, mais precisamente nas camadas epiteliais localizadas entre o embrião e o endosperma. Por sua vez, o ácido giberélico induz a produção de enzimas na camada de aleurona, cobrindo todo o

endosperma. As enzimas vão degradando os açúcares e as proteínas em moléculas mais simples que juntamente com fosfatos, metais e iões serão imprescindíveis ao crescimento do embrião durante esta fase (Oser, 2015; Kreisz, 2009).

Contudo, a degradação das paredes celulares e da matriz proteica, bem como a produção enzimática necessária para a fase da empastagem têm de ser controladas de forma às condições do malte serem as pretendidas. Por outro lado, crescimento e respiração excessiva, podem causar modificações não pretendidas. Deste modo, a combinação entre parâmetros como a temperatura (16-20°C), humidade (de 35-40% para 42-46%), tempo de vegetação e ácido giberélico tem de ser bem ajustada de acordo com a variedade de malte (Oser, 2015; Kreisz, 2009).

Temperaturas baixas favorecem o desenvolvimento enzimático, o desenvolvimento de azoto solúvel, enquanto temperaturas elevadas favorecem a citólise e aumentam a respiração, perda durante a maltagem associado à diminuição do rendimento. Não obstante, teores de humidade elevados favorecem a modificação do grão, o desenvolvimento das enzimas e do extrato, mas, por outro lado, promovem a redução do rendimento do malte. Ao fim da germinação, o extrato do grão atinge o seu nível máximo, procedendo-se à etapa final da maltagem denominada de secagem (Kreisz, 2009).

1.6.1.3 Secagem

Nesta fase o malte verde é transferido para estufas onde será seco. Os principais objetivos desta etapa baseiam-se na terminação do processo de modificação do malte e na paragem do crescimento da radícula, na redução da humidade do grão (de 42-46% até 4-5%), na conservação dos complexos enzimáticos e no desenvolvimento da cor e do sabor (Kreisz, 2009; Brenda *et al*, 2018).

A secagem é iniciada a temperaturas entre 50-65°C numa primeira fase designada de pré-secagem, diminuindo a atividade enzimática. O processo de secagem inicia-se nas camadas inferiores devido à circulação do ar ser em movimento ascendente. O ar quente tem a capacidade de ir absorvendo a humidade do malte verde à medida que vai decorrendo a secagem. Após cerca de 10-12 horas a temperatura no topo da camada aumenta e a humidade do ar começa a diminuir (Brenda *et al*, 2018). A temperatura de secagem vai subindo até se dar o chamado golpe de fogo, à temperatura de cerca de 85-90°C durante cerca de 3h, promovendo a formação de melanoidinas através das reações entre açúcares e aminoácidos (Reação de Maillard), removendo os compostos indesejáveis para o sabor da cerveja e promovendo o aumento de cor da mesma (Skendi &

Papageorgiou, 2018). Após 17-22 horas o processo termina, finalizando assim o processo de Maltagem.

1.6.2 Brassagem

A fase da Brassagem é a fase que tem como principal objetivo a produção de mosto, que possa ser posteriormente fermentável e produzir cerveja. Desde o início desta fase até ao seu fim, o processo de produção de mosto está automatizado, sendo controlado por operadores especializados para tal função.

1.6.2.1 Software de automação – Brewmaxx

Na Central de Cervejas o Brewmaxx é o software usado como sistema de automatização. O Brewmaxx é um sistema eficiente de fluxos de matéria desenhado especificamente para o processo de produção de cerveja, permitindo o controlo e monitorização automática ou manual (operadores). Este software pode ser usado em várias áreas, tais como, gestão de inventário (produtos, parâmetros das matérias-primas, stock de matéria), gestão da produção (receitas, logística), gestão da qualidade (gestão de valores específicos) e manutenção (manutenção de equipamentos, contabilização dos tempos de ciclo) (ProLeit, 2019).

1.6.2.2 Transferência do Malte

A Brassagem inicia-se com a etapa da transferência de matérias-primas, desde os silos da malteria e de receção de milho (S40 e S41), até aos silos da Brassagem (CM1, CM2, CM3, CM4, CA5 e CA6). Os silos CM correspondem aos silos onde é introduzido o malte que é enviado da malteria até à brassagem, enquanto os silos CA5 e CA6 correspondem aos silos de milho e cevada, respectivamente (Brewmaxx software, 2008).

Primeiramente o malte é enviado dos silos S40 e S41 da malteria, pelos redler de distribuição até à balança onde é pesado em balanças de 270 kg. Continuamente, e após cada balança, o malte é enviado pela nora ao topo dos silos, sendo posteriormente aspirado o pó originado na trasfega e sendo o malte distribuído para os silos CM (Brewmaxx software, 2008).

Outro adjunto usado na produção da cerveja é o milho. O milho sobre a forma de griz é importado e descarregado através de camiões, diretamente nos seus silos (Silo 1 e Silo 2) até ao silo da

Brassagem (CA5) (Brewmaxx software, 2008). A figura 1.7 representa o percurso do malte desde os silos da malteria até aos silos CM.

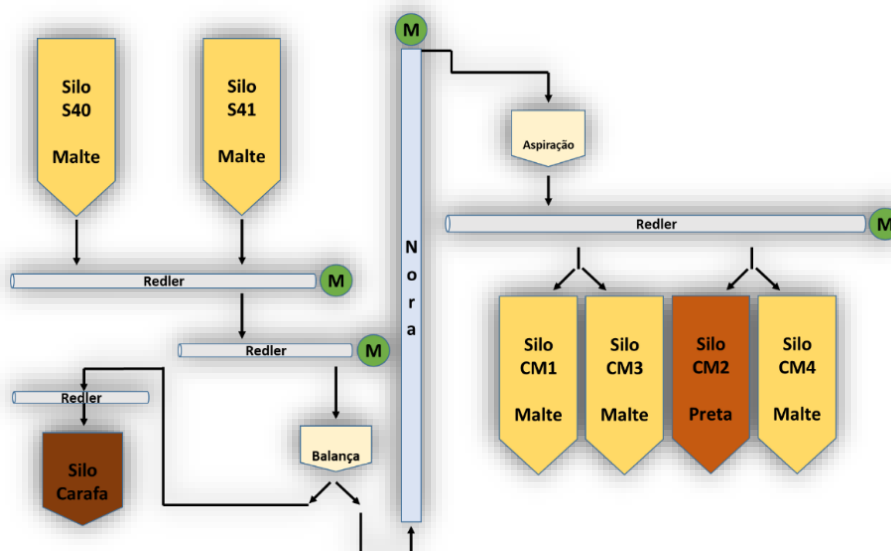


Figura 1.7 - Esquema representativo da transferência do malte desde a Malteria até à Brassagem

Após a transferência estar completa, a matéria prima já está pronta a poder ser usada e moída na etapa seguinte.

1.6.2.3 Moagem

Após o malte ser inserido nos silos pertencentes à área da Brassagem, inicia-se a fase de moagem do cereal.

Quando se inicia o fabrico, o malte e a cevada passam por um processo de *dry milling* (moagem a seco) visando separar a casca (mantendo-a intacta para a filtração) do endosperma, onde se encontram os açúcares fermentescíveis, desintegrar o endosperma de forma a tornar acessíveis os seus açúcares para a degradação enzimática e reduzir a quantidade de farinha ao mínimo, de forma a reduzir a densidade da massa durante a empastagem (IBD, 2019).

A moagem é feita através de moinhos de martelos que são constituídos por um eixo rotativo, composto por vários discos ligados a martelos que vão quebrando os grãos de cereal à medida que a rotação do eixo é feita a alta velocidade, produzindo uma moagem fina. À medida que os

grãos vão sendo partidos, são seletivamente separados por um crivo, assegurando que partículas de elevadas dimensões não passam juntamente com a moagem (IBD, 2019). A moagem de cada moinho é reencaminhada para as respectivas básculas onde o cereal moído é pesado antes de ser doseado para o fabrico (Brewmaxx software, 2008).

1.6.2.4 Doseamento no Mechamasher

2008

O rácio entre água e cereal (*mashing in ratio*) tem de ser devidamente ajustado, de forma a que o extrato obtido esteja na ordem de grandeza que se pretende. Não obstante, é necessário haver um balanço entre a quantidade de água inserida na caldeira de caldas e na caldeira de empastagem, para que haja um nivelamento da temperatura a cerca de 64°C durante a adição da mistura proveniente da caldeira de caldas à mistura presente na caldeira de empastagem (GCB, 2016).

1.6.2.5 Tanques de Água Quente

A água doseada pelo Mechamasher é proveniente de um sistema de Tanques denominados de tanques T1 e T2 que se encontram interligados e à temperatura de 78°C. Durante a empastagem, a água é inserida a temperaturas mais baixas, através da mistura de água quente com água fria. Estes tanques são ainda responsáveis pelo fornecimento de água durante as etapas de pré-lavagem e lavagem relativas à filtração do mosto (Brewmaxx software, 2008).

1.6.2.6 Empastagem

A empastagem é o processo que passa por misturar o malte e os adjuntos moídos com água em determinadas condições com o objetivo de expôr e solubilizar os açúcares fermentescíveis dos cereais, através da ação de diversas enzimas, degradando ainda proteínas em péptidos e aminoácidos, que serão o combustível principal da levedura durante a etapa da fermentação dos açúcares. Esta etapa é realizada em duas caldeiras diferentes, denominadas de caldeira de caldas e caldeira de empastagem. Isto deve-se ao facto de o malte, griz e cevada terem temperaturas de gelatinização diferentes, necessitando de temperaturas diferentes para exporem o seu conteúdo em açúcares (GCB, 2016).

1.6.2.6.1 Caldeira de Caldas

A etapa na caldeira de caldas inicia-se com a inserção do griz, da cevada, de um pouco de malte, cloreto de cálcio e de enzima exógena α -amilase termostável (*Termamyl*) mantendo-se a mistura à temperatura de 50°C. Esta é a temperatura ideal de atuação das proteases e das β -glucanases. A degradação das proteínas em aminoácidos serve de *boost* para o funcionamento da levedura na etapa de fermentação. Contudo os péptidos são essenciais para a manutenção mais duradoura da espuma na cerveja. Por outro lado, a atuação das β -glucanases originam a diminuição de viscosidade do mosto, facilitando a etapa de filtração de mosto (Willaert, 2006).

Após este período inicia-se a elevação da temperatura através da entrada de vapor na caldeira e pelo aumento da agitação do agitador (Brewmaxx software, 2008).

À medida que a temperatura aumenta vai ocorrendo a gelatinização das matérias-primas através da atuação da enzima *Termamyl*, garantindo uma maior durabilidade num intervalo mais amplo de temperaturas e pH como pode ser observado na figura 1.8 (Novozymes, 2013).

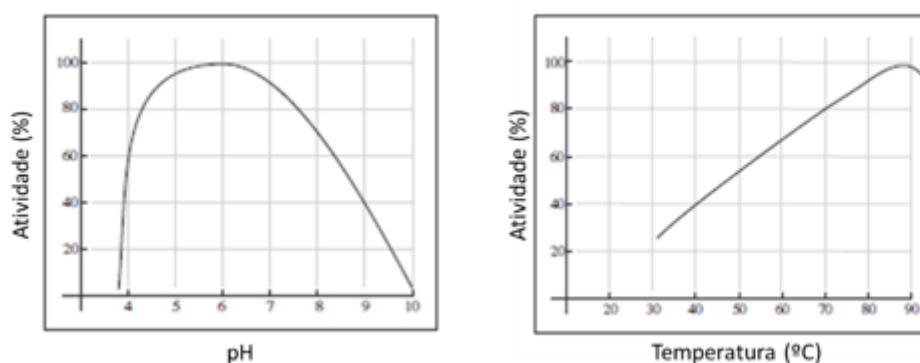


Figura 1.8 - Atividade da enzima *Termamyl* em função do pH e da temperatura - adaptado de Novozymes (2013)

Esta enzima, com o auxílio do cofator cloreto de cálcio, quebra as ligações glicosídicas α -1-4 da amilose e amilopectina originando tanto moléculas não fermentáveis (dextrinas) como fermentáveis (maltotriose), de forma a facilitar a ação posterior das enzimas na caldeira de empastagem (Novozymes, 2013). Na tabela 1.1 podemos observar as temperaturas e pHs ótimos de cada enzima que intervêm na fase da empastagem (Novozymes, 2013; GCB, 2016).

Tabela 1.1 - Temperaturas e pHs ótimos das enzimas intervenientes durante a empastagem - Dados obtidos a partir de Novozymes (2013)

		Temperatura ótima (°C)	pH ótimo
Enzimas exógenas	Termamyl 2X	88	5,5-6,5
	Ultraflo Max	47	4,0-5,5
	AMG	75	3,5-4
Enzimas endógenas	β-amilase	64	5,5
	α-amilase	70	5,2
	Protease	50	5,5
	β –glucanase	45	6,0

À medida que a enzima vai atuando e a temperatura vai subindo, a mistura fica mais viscosa. Contudo, o conteúdo em malte e a agitação constante da mistura, contribuem positivamente para a diminuição da viscosidade. A agitação é feita por um agitador presente no fundo da caldeira, permitindo que a mistura não polimerize não ficando agarrada às paredes da caldeira, facilitando a sua trasfega para outros equipamentos (GCB, 2016).

Após o estacionamento da temperatura a 95°C observa-se o declínio de atividade da enzima *Termamyl* e é iniciada a trasfega da caldeira de caldas para a caldeira de empastagem (Novozymes, 2013).

1.6.2.6.2 Caldeira de empastagem

Após ser feita a trasfega dos cereais e água do Mechamasher para a Caldeira de Caldas inicia-se a dosagem para a Caldeira de Empastagem. Na caldeira de empastagem, inicialmente, é inserido malte, enzima exógena endo-β-glucanase (*Ultraflo*), enzima exógena amilo-glucosidase (AMG) e ainda cloreto de cálcio. Cada enzima necessita de um patamar de temperatura para exercer a sua atividade de forma mais otimizada possível (GCB, 2016). A figura 1.10 representa um exemplo do perfil de temperaturas aplicadas durante a fase de empastagem.

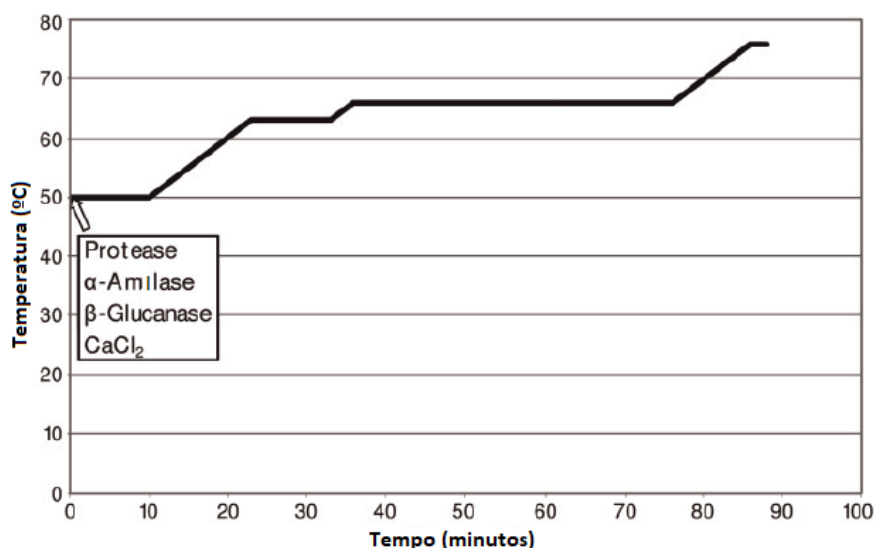


Figura 1.9 - Esquema representativo das diferentes etapas de ação enzimática ao longo da empastagem – adaptada de Eblinger (2009)

A empastagem é iniciada à temperatura de cerca de 43°C, permanecendo em estacionamento (Brewmaxx software, 2008). Esta temperatura está dentro da gama de atuação da enzima *Ultraflo* e das Proteases. A enzima *Ultraflo* tem como função degradar os β -glucanos que estão presentes nas paredes celulares do malte que conferem maior viscosidade à mistura e diminuem ainda a eficácia da filtração. Por sua vez, as proteases atuam na degradação das proteínas em péptidos, numa temperatura ótima de cerca de 50°C, que são essenciais na consistência da espuma da cerveja e em aminoácidos que são a fonte nutritiva principal das leveduras durante a etapa de fermentação (GCB, 2016).

Após o período do primeiro estacionamento, procede-se à transferência da mistura da caldeira de caldas para a caldeira de empastagem, em que a temperatura de 43°C é elevada até cerca de 66°C devido ao ajuste de temperaturas entre a mistura da caldeira de caldas e da caldeira de empastagem, ocorrendo o segundo estacionamento desta fase (Brewmaxx software, 2008). Durante este período, ocorre principalmente a ação das enzimas β -amilases que atuam na quebra das ligações beta da terminação não redutora da molécula produzindo moléculas de maltose, moléculas estas que já são facilmente fermentáveis pela levedura (Montanari *et al*, 2005). Contudo, para se obter uma fermentação mais otimizada é necessário produzirem-se moléculas de glucose (Central Cervejas e Bebidas, 2017).

Com a elevação de temperatura até 76°C a atividade da enzima AMG é maximizada quebrando tanto as ligações glicosídicas α -1-4, como as ligações α -1-6 do amido produzindo moléculas de glucose que, de modo a aumentar a fermentabilidade da mistura (Montanari *et al*, 2005). A

temperatura e pH em função da atividade enzimática da AMG podem ser observadas na figura 1.10.

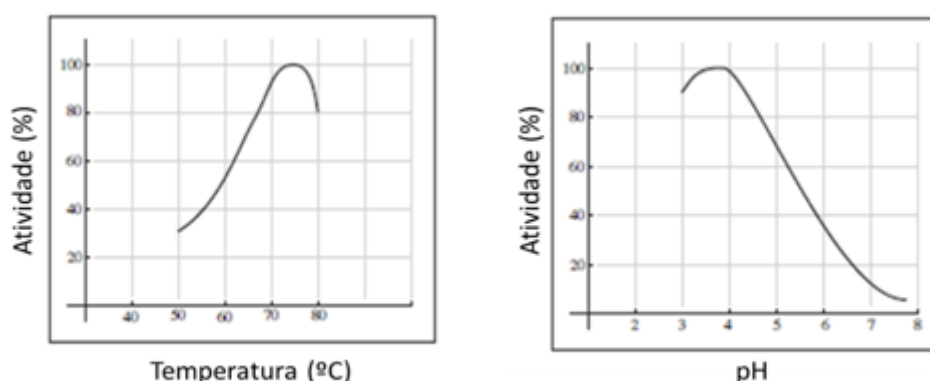


Figura 1.10 - Atividade da enzima AMG em função do pH e da temperatura adaptado de Novozymes (2013)

Após se atingir o set-point de temperatura a 76°C, encerra a etapa da empastagem (2 horas e 30 minutos) e a mistura é transferida para o Filtro Meura, iniciando-se a etapa da filtração do mosto (Brewmaxx software, 2008).

1.6.2.7 Filtração do mosto

A filtração baseia-se na separação do mosto, das cascas dos grãos tendo um impacto na qualidade e no rendimento do fabrico final. Esta operação é usualmente desempenhada por filtros de placas ou por cubas de filtro. Os principais objetivos desta etapa são a produção de mosto clarificado de elevada qualidade, a obtenção da maior quantidade de extrato possível e o aumento da eficiência aliada ao encurtamento do tempo de ciclo (da Costa, 2014)

A eficiência da filtração é, contudo, influenciada por diversos fatores que estão relacionados entre eles pela Lei Fundamental de *Darcy* que pode ser observada na equação descrita abaixo.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{P * A}{\mu * Rf}$$

Lei Fundamental de Darcy

- Q (m^3/s) – Caudal de filtração
- P (N/m^2) – Pressão de filtração
- A (m^2) – Área de Filtração
- μ (Ns/m^2) – Viscosidade
- R_f ($1/m$) – Fator de Resistência

1.6.2.7.1 Filtro Meura - Constituição

Na Central de Cervejas, é usado o filtro de placas *Meura* 2001 como equipamento de filtração de mosto. O filtro é essencialmente constituído por um conjunto de placas de filtração, carris, dois escudos, um fixo e outro móvel, um tanque ligado ao filtro e ainda uma entrada de ar para insuflar as membranas. Na figura 1.11 observam-se os principais constituintes do Filtro Meura.

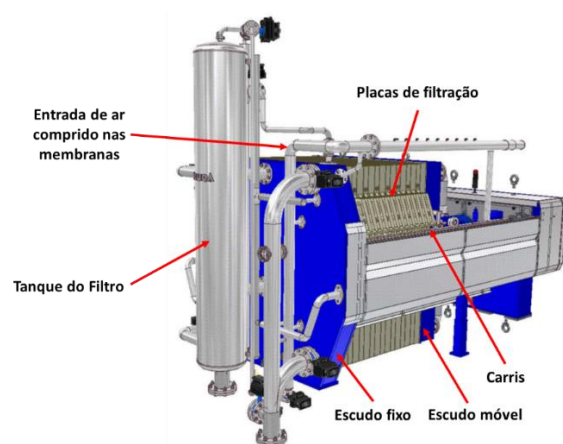


Figura 1.11 - Esquema ilustrativo do Filtro Meura 2001 – adaptado de Meura (2012)

Placas de filtração

As placas de filtração são constituídas por uma tela de filtração de polipropileno de um lado, e uma membrana de filtração do outro lado. Contêm dois canais de entrada de mosto ligados à área de filtração e dois canais de saída de mosto ligados à área de recolha do mosto na parte traseira da tela de filtração. Contêm ainda uma entrada de ar para insuflar as membranas nas fases requeridas para tal (Meura, 2012).

As placas de filtração têm duas funções distintas. A tela de filtração tem por objetivo filtrar a mistura e recolher o mosto filtrado, enquanto o lado da membrana visa a compressão da duche contra a tela de filtração da placa seguinte (Araújo, 2013).

Não obstante, a tela de filtração e a membrana da tela seguinte definem a zona da câmara de filtração (Meura, 2012).

A figura 1.12 representa a constituição das placas de filtração do Filtro Meura usado na Central de Cervejas.



Figura 1.12 - Placas de filtração – adaptado de (Meura, 2012)

Escudo fixo

É uma estrutura feita de metal funcionando como um suporte do filtro, englobando uma tela de filtração na parte interna e recebendo a entrada e saída de mosto na parte exterior da placa (Meura, 2012).

Escudo móvel

É uma estrutura feita de metal que se move através de rolamentos de metal por ação de um cilindro hidráulico. É constituído por uma membrana na sua parte interior e por um *by-pass* na parte exterior da placa. Esta estrutura garante o fecho completo do conjunto de placas do filtro através da força aplicada pelo cilindro hidráulico sobre a sua estrutura (Meura, 2012).

Entrada de ar comprimido nas membranas

Tem como base um sistema de válvulas e controladores de pressão envolvido na entrada e saída de ar comprimido nas membranas, nas diferentes fases do processo de filtração (Meura, 2012).

Tanque do Filtro

Constitui uma estrutura intermediária entre o percurso do mosto desde o filtro Meura até ao Tanque Tampão. Está ligado aos canais de saída de mosto do filtro e contém um tubo (tubo ladrão), por onde sai o mosto caso haja sobre-enchimento do tanque (Meura, 2012).

Carris

Sistema associado ao movimento das placas de filtração que é controlado segundo controlo remoto. À medida que a descarga da dreche vai decorrendo, as placas de filtração vão se movendo de acordo com a coordenação deste equipamento (Meura, 2012).

1.6.2.7.2 Filtração – Fases

A etapa de filtração do mosto divide-se em múltiplas fases, cada uma com um objetivo em concreto. Estas fases correspondem sequencialmente ao pré-aquecimento do filtro, enchimento, filtração, pré-compressão, pré-lavagem, lavagem, compressão, vazamento, descompressão e por fim descarga da dreche.

Pré-Aquecimento

O pré-aquecimento é a fase inicial de funcionamento do filtro quando o mesmo não é utilizado há pelo menos 12 horas. Os pré-aquecimentos são feitos devido ao facto de os materiais dos equipamentos, como o filtro, serem vulneráveis a diferenças de temperatura iguais ou superiores a 40°C, limite mínimo de temperatura ao qual poderá haver a ocorrência de choque térmico nas placas do filtro (Araújo, 2013). Este procedimento é feito com água e pode englobar dois set-

points de temperatura, tanto a 35°C como a 55°C. A temperatura de pré-aquecimento é definida de acordo com o tempo de paragem do filtro e com a temperatura exterior da sala (Meura, 2012).

A figura 1.13 esquematiza de forma sumária a necessidade de realização ou não do Pré-Aquecimento ao filtro.

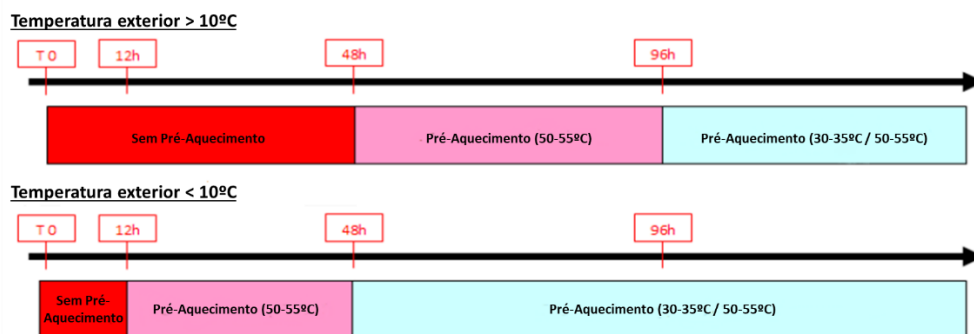


Figura 1.13 - Fatores que influenciam a necessidade de realização do Pré-Aquecimento ao filtro – figura adaptada de Meura (2012)

Os pré-aquecimentos são feitos durante 2 horas e 30 minutos cada um, sendo que durante a época anual mais fria se fazem dois pré-aquecimento (35 e 55°C), enquanto em época anual mais quente só se faz um (55°C).

Enchimento

Esta etapa é a fase inicial do processo de filtração do mosto. A mesma baseia-se no enchimento completo das câmaras de filtração do filtro a uma velocidade fixa, de forma ao enchimento ser uniforme, tendo uma duração aproximada de 5-7 minutos dependendo do número de placas que o filtro contenha (Willaert, 2006). Após o sensor de nível alto do filtro dar sinal, inicia-se a etapa da filtração do mosto (Meura, 2012).

Filtração

Durante esta etapa, a mistura vai entrando pelos canais de entrada das placas e vai, a um ritmo constante mediado pela velocidade da bomba de enchimento do filtro, preenchendo as câmaras de filtração. A mistura entra pela câmara de filtração e pelo canal de baixo e de cima do lado direito da placa. A mistura ao passar pela tela de filtração vai sendo filtrada originando o denominado mosto (Meura, 2012). À medida que a filtração decorre as cascas vão formando uma

camada filtrante designada por dreche, que serve de camada filtrante para a mistura (da Costa, 2014). O mosto é recolhido por de trás da tela de filtração e é enviado para os canais de saída de mosto, localizados do lado esquerdo da placa. À medida que a espessura da camada de dreche vai aumentando, a pressão de entrada no filtro aumenta até atingir um set-point de pressão. Atingindo esse set-point, o caudal de filtração vai diminuindo até atingir um certo valor, passando a entrada da mistura a ser feita somente pelo canal de baixo. O mosto filtrado vai sendo enviado pelos canais de saída das placas para o tanque do filtro e daí para o Tanque Tampão (equipamento intermediário entre o filtro e a caldeira de ebulição) durante cerca de 20 minutos (Meura, 2012). Após esta etapa, aproximadamente 80% dos açúcares são recuperados (Willaert, 2006).

Contudo, durante esta etapa, nem todo o extrato é removido para o Tanque Tampão, ficando uma quantidade significativa de açúcares na dreche. Desta forma, as etapas subsequentes têm como objetivo remover a maior quantidade de extrato remanescente na dreche. A etapa seguinte é a Pré-Compressão e tem início quando a Caldeira de Empastagem vaza por completo (Meura, 2012; GCB, 2016)

Pré-Compressão

Esta etapa inicia-se quando a caldeira de empastagem estiver completamente vazia. Após toda a mosto ter passado para o Tanque Tampão as membranas são insufladas com ar pressionando a dreche contra as telas, de forma a se conseguir uma lavagem eficiente. O caudal de filtração aumenta até atingir um pico que é medido e memorizado. À medida que o caudal vai diminuindo, o mesmo é comparado com o caudal inicial, sendo ambos os valores integrados originando um valor de coeficiente de Pré-Compressão. Quando o coeficiente de Pré-Compressão é atingido, inicia-se a etapa da Pré-Lavagem (Meura, 2012). Esta fase auxilia na recomposição da cama de dreche, possibilitando recuperar quase na totalidade o extrato remanescente na dreche durante a fase de lavagem (Willaert, 2006).

Pré-Lavagem

Esta etapa inicia-se com a descompressão das membranas. A descompressão tem de ser gradual de forma a não haver ruptura da camada de dreche. Após a descompressão completa das membranas o filtro é enchido com água a caudal constante e inicia-se a fase de lavagem (Meura, 2012)

Lavagem

Nesta fase, a entrada de água no filtro dá-se a um caudal de cerca de 300-400 hL/h e a pressão entre 0,5-1 bar, pelo sistema de água quente. Este sistema engloba um conjunto de tanques que contêm água à temperatura de aproximadamente 76-78°C, temperatura ideal para a remoção dos açúcares remanescentes na dreche. À medida que a água passa pela dreche, o extrato solúvel vai sendo removido pela água, correspondendo a um mosto menos concentrado (*weak wort*) (da Costa, 2014). De forma a se recuperar o extrato pretendido, esta etapa é dividida em três fases de lavagem ocorrendo tanto variações de caudal como de pressão de entrada de água no filtro (Meura, 2012). Após cerca de 1 hora, finaliza a etapa de Lavagem iniciando-se a etapa de Compressão.

Compressão

Quando o volume total de pré-compressão e de lavagem é atingido, procede-se à fase da compressão. Esta fase baseia-se na compressão da dreche, através da entrada de ar à pressão de cerca de 0,5-1 bar, pressão esta que é ajustada pelo painel de controlo das membranas. Esta fase é essencial para se recuperar o extrato que ainda tenha ficado na dreche após lavagem. De forma a se atingir uma boa recuperação de extrato e de dreche seca, esta etapa divide-se em duas fases (Meura, 2012). A 1ª fase de compressão é usualmente feita a pressões baixas, até atingir um set-point volumétrico. Depois do set-point ser atingido inicia-se a 2ª fase de compressão com um aumento da pressão, de forma a aumentar a recuperação de água na dreche, secando-a o melhor possível. Esta fase termina quando o volume de compressão definido for atingido, sendo que todo este volume irá para o GIS Tanque para ser reaproveitado e repostado nos fabricos seguintes (Araújo, 2013).

Vazamento

Quando termina a etapa de compressão, a válvula que dá entrada de ar comprimido é fechada. O conteúdo remanescente no filtro e no tanque do filtro é vazado para o tanque tampão e os canais de entrada do filtro são drenados. A etapa finaliza quando se atinge o tempo imposto pelo set-point (Meura, 2012).

Descompressão

Após o vazamento do filtro, os canais de transferência de mosto são fechados e as membranas são descomprimidas. Esta fase termina quando todo o ar estiver ausente das membranas (Meura, 2012).

Descarga da Dreche

Esta fase necessita de um conjunto de três pontos para iniciar, nos quais estão implícitos o vazamento completo do filtro, a ausência total de ar nas membranas e a tremonha estar pronta para receber a dreche. Após a verificação destes passos o filtro pode ser aberto, tanto manualmente como em automático. O mecanismo de movimento das placas inicia automaticamente, podendo ser controlado (parar e reiniciar) de acordo com um controlo remoto ou painel de controlo (Meura, 2012).

À medida que as placas se vão movimentando devido à ação do mecanismo hidráulico de movimento, a dreche vai sendo descarregada para a tremonha, estrutura localizada abaixo do filtro. Contudo, a dreche pode ficar retida nas câmaras de filtração e, nesse caso, deve ser removida de forma a não ter implicações na filtração seguinte (Araújo, 2013).

Quando todas as placas tiverem sido descarregadas, e o aparelho de movimento das placas tenha voltado à posição inicial, o filtro pode ser fechado manualmente ou automaticamente, encerrando por fim esta etapa (Meura, 2012).

1.6.2.8 Ebulição do mosto

Quando todo o mosto é separado da casca, o mesmo é encaminhado para um tanque intermediário entre o Filtro e a Caldeira de Ebulição, designado de Tanque Tampão. Daí, o mosto é enviado progressivamente para a Caldeira de Ebulição onde se dará a fervura do mosto (GCB, 2016).

Esta etapa baseia-se na elevação do mosto até à temperatura de 100°C (temperatura de fervura da água) através de um sistema de circulação de vapor de água como se pode observar na figura 1.14.

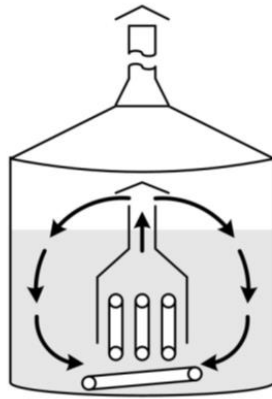


Figura 1.14 - Sistema de funcionamento de uma caldeira de ebulição – (GCB, 2016)

E etapa da ebulição do mosto tem diversos objetivos dos quais se destacam:

- **Esterilização do mosto** devido à presença de potenciais microrganismos derivados dos cereais, lúpulo e água (Willaert, 2006).
- **Estabilização do mosto** através da inativação enzimática, não comprometendo nem contribuindo mais para a alteração do perfil do produto final (Willaert, 2006).
- **Evaporação de compostos indesejáveis** como o DMS (*Dimethyl-sulfide*) que apresenta sabor a couve. A evaporação é feita normalmente com uma taxa de ebulição de 2% do mosto total, durante cerca de 1 hora (Willaert, 2006).
- **Isomerização de substâncias** amargas presentes no lúpulo (α -ácidos) em iso- α -ácidos que contribuem para o aroma da cerveja, que só é exequível a temperaturas elevadas (GCB, 2016).
- **Coagulação de proteínas** e dissolução de proteínas provenientes do malte, de forma a diminuir a turvação da cerveja (GCB, 2016).
- **Intensificar a cor e o aroma** do mosto, através de reações químicas entre açúcares e aminoácidos (Reações de Maillard) (Willaert, 2006).
- **Concentrar o mosto** de forma a se obter o volume e extrato em °P requerido para a receita (GCB, 2016).
- **Diminuição do pH** devido às reações de compostos de cálcio com fosfatos e polipéptidos, tendo um grande impacto na coagulação proteica, no melhoramento da estabilidade do sabor da cerveja, na inibição do crescimento microbiano, na diminuição da cor e por fim na contribuição no crescimento da levedura (GCB, 2016).

Chegando a cerca de 10/15 minutos do final da etapa de fervura, são adicionados pellets de lúpulo ao mosto. O lúpulo é adicionado só no fim da ebulição com o propósito de conferir e intensificar

o aroma da cerveja. Após o fim desta etapa, o mosto é transferido para o *Whirpool* onde se iniciará a etapa seguinte (GCB, 2016).

1.6.2.9 Clarificação do mosto

Finalizada a etapa de Ebulição do mosto, o mesmo contém partículas de grandes dimensões à superfície que constituem aglomerados de proteínas coaguladas, taninos e lípidos provenientes do malte e resíduos de lúpulo. Estes constituintes podem contribuir negativamente para o sabor da cerveja, para o aumento da sua turvação e afetar a função da levedura, interferindo no processo de fermentação da cerveja. Deste modo, é essencial proceder-se à clarificação do mosto através de um equipamento denominado de *Whirpool*. Este tipo de sistema é provavelmente o mais utilizado na clarificação do mosto no quotidiano. Este equipamento consiste num tanque cilíndrico com uma entrada tangencial, por onde é introduzido o mosto. Esta configuração faz com que o mosto circule dentro do *Whirpool*, num mecanismo de centrifugação, acelerando as partículas de *trub* para o centro do tanque formando uma espécie de cone como se pode verificar na figura 1.15 (GCB, 2016).

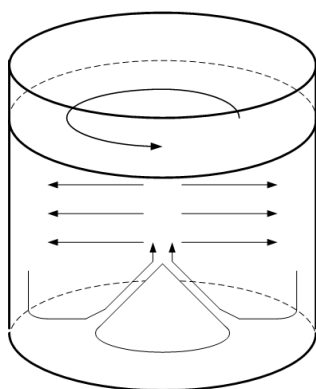


Figura 1.15 - Sistema de funcionamento de um Whirpool - (GCB, 2016)

Após um estacionamento de cerca de 10-15 minutos, o mosto, já clarificado, é removido por saídas laterais acima do cone de *trub*, para ser posteriormente arrefecido (GCB, 2016). Por sua vez, o *trub* que é separado do mosto contém extrato sendo do interesse da empresa reaproveitar esse mesmo produto. Desta forma, após a saída do mosto do *Whirpool*, o *trub* remanescente é lavado com água (5-6 lavagens) e inserido num tanque denominado de tanque de *trub*. Por fim, o *trub* reaproveitado para este tanque é, por sua vez, inserido no fabrico seguinte, sendo apenas desperdiçado o último *trub* da semana devido à paragem geral da fábrica.

2 Materiais e métodos

2.1 VSM (Value Stream Mapping)

Primeiramente foi feito o mapeamento do processo de trás para a frente, onde se identificou quais seriam os principais pontos do processo em que surgem oportunidades de melhoria. Foi elaborado um mapa físico do processo, preenchido com *post-it* delimitando o processo desde o fornecedor da Brassagem (Malteria) até ao seu cliente (Adegas). O mapa físico do processo pode ser observado na figura 2.1.



Figura 2.1 - Esquema do processo da Brassagem feito segundo metodologia VSM

Os *post-it* usados exibem um código de três cores e são a base do preenchimento do mapa do VSM, tal como pode ser observado na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Código de cores do VSM e seu significado

Cor	Significado	Exemplo
Amarelo	Processo	Equipamento, etapa
Cor-de-rosa	Oportunidade de melhoria	Sobre-enchimento do tanque de trub
Laranja	Parâmetros	% da sonda de nível do tanque

Após definir as oportunidades de melhoria, foram calculadas as respectivas quebras de extrato de forma a se poder priorizar as oportunidades a serem atacadas em primeiro lugar. Para facilitar e sintetizar os pontos de maior relevância, foi elaborada uma tabela (tabela 2.2) de prioridades, que engloba as oportunidades de melhoria, quebras de extrato, as ações corretivas e custos das mesmas.

Tabela 2.2 - Descrição dos principais pontos de quebra de extrato, seus custos e suas ações corretivas

Prioridade (1-Alta ; 2-Média ; 3-Baixa)	Numeração	Oportunidade de melhoria	Seção do processo	Quebra de extrato (%)	Custo anual €	Ações corretivas (Validada : Resolução futura ; Não-validada)	Observações	Custo ação corretiva €
1	10	Perda de mosto pelo tubo ladrão	Filtração	0,02-0,05	2600-6500	Otimização do nível de saída do tanque do filtro - alteração de set-point	Ponto concluído com sucesso	0
1	11	Temperatura de lavagem inferior nos dois 1 ^{as} fabricos	Filtração	0,06	8251	Enviar água diretamente do Tanque T1 para o Filtro Instalar um VLT ; Cortar tubagem	Ação corretiva com custo elevado	10000
						Bombas encravadas (modeladas) com o nível do GIS Tanque (auto-matização)	Ação corretiva a repensar no futuro	1000
1	14	Sobre-enchimento do tanque de trub	Clarificação	0,075 Sala 1 0,105 Sala 2	10282 Sala 1 14076 Sala 2	Calibração / Substituição das sondas de nível do Whirpool	Ponto concluído com sucesso	1200 - Substituição 100 /h - Calibração
1	15	Perda de trub nos dois últimos fabricos semanais	Clarificação	0,17	23320	Considerar a redução de set-point da sonda de nível do whirpool nos 2 últimos fabricos	1. Armazenamento inválido por questões organolépticas 2. Maior % trub na cerveja reduz o amargor	0
1	1	Perda de malte ao longo da transferência para os silos	Aspiração de pó de malte	0,089	12209	Reincorporação do pó de malte no fabrico	Pó de malte + radiculas (130 €/ton)	0
			Pesagem nas balanças	0,242	33197	Calibração/Substituição das sondas das balanças	Quebra de extrato é devida a incerteza de pesagem	100/h - Calibração
2	12	Choque térmico durante os primeiros fabricos da semana	Filtração	-	-	Elevar a temperatura de pré aquecimento	Temperaturas elevadas poderão desgastar mais rapidamente as telas	0
				-	-	Instalar sistema com permutador de calor	Ação não validada devido a possível contaminação da água durante o fim-de-semana	-
3	3	Avaliação da Friabilidade, Granulometria e Rendimento do Malte	Enchimento / Descarga do silo	-	-	Mistura de dois lotes de malte quando o silo estiver a chegar ao fim	Ação corretiva a repensar no futuro Não está diretamente ligado à quebra de extrato	0
				-	-	Aquisição de um S-Loader	Ação corretiva com custo elevado	50000

Legenda de cores: (Prioridade: Alta ; Média ; Baixa) (Ação corretiva: Implementada ; Resolução Futura ; Não implementada)

Matriz Benefício / Esforço

Todas estas ações foram posteriormente analisadas em termos do custo que implicam. O custo de implementação de cada ação corretiva foi comparado com o custo do problema identificado, de forma a se concluir se a ação seria benéfica em termos financeiros. Para isso procedeu-se à criação de uma matriz em função do benefício e do esforço que cada ação corretiva representa. Esta matriz foi usada com o objetivo de se priorizar as ações, de modo que as ações com um maior benefício e menor esforço fossem implementadas primeiro do que as ações com alto esforço e reduzido benefício. A matriz pode ser observada na figura 2.2.

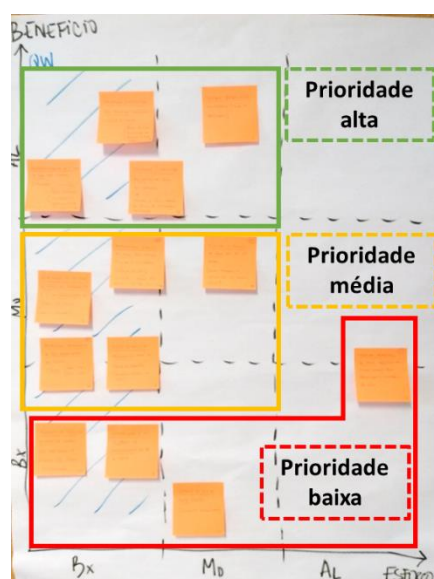


Figura 2.2 - Matriz de benefício em função do esforço usada na metodologia VSM que pode ser baixo (BX), médio (MD) ou alto (AL)

Como se pode verificar pela figura 2.2, a matriz está dividida em quadrantes baseados numa classificação de alto, médio e baixo benefício ou esforço. Os *post-it* cor de laranja representam as ações corretivas referentes às respectivas oportunidades de melhoria. As mesmas foram inseridas nesta matriz de acordo com o seu benefício em função do esforço implicado na sua implementação. As ações corretivas que são de maior relevância e que foram focadas com maior ênfase foram aquelas inseridas no quadrante superior esquerdo, ou seja, de alto benefício e um esforço baixo. No quadrado verde estão introduzidas as ações corretivas que foram consideradas de prioridade alta, no amarelo as de prioridade média e no vermelho as de prioridade mínima.

Com base nesta metodologia, foram então implementadas algumas ações em questão, de acordo com a sua prioridade e relevância para a quebra de extrato.

2.2 Friabilidade, Granulometria e Rendimento do malte

De forma a se analisar as características dos diferentes lotes de malte, foram feitos testes laboratoriais quando à friabilidade, granulometria e rendimento do grão de malte. As recolhas das amostras foram feitas no início do enchimento e na descarga do silo como se pode observar na figura 2.3.

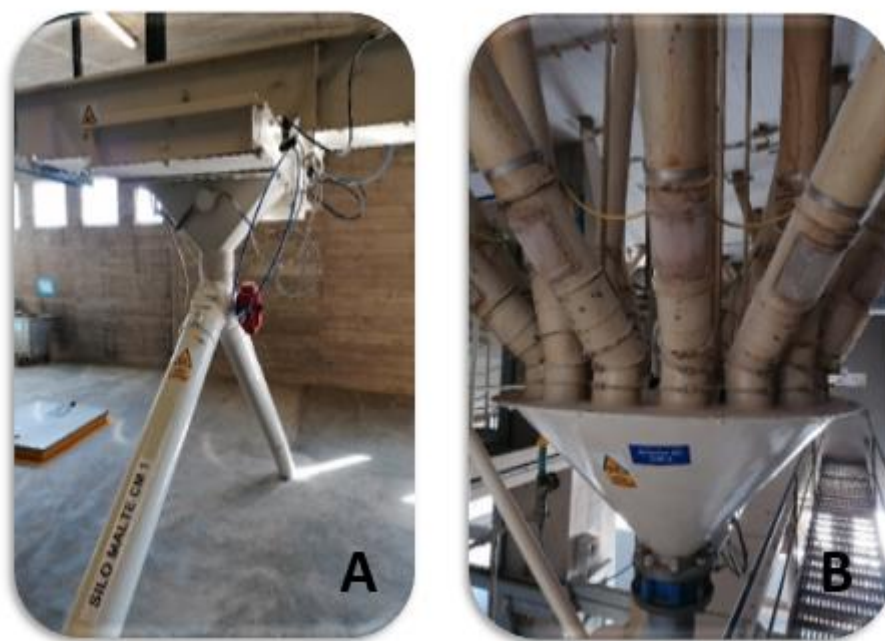


Figura 2.3 - Recolha da amostra nas fases de entrada (A) e de descarga (B) do silo

2.2.1 Friabilidade

Determinação da friabilidade:

De forma a se analisar a fragilidade do grão, primeiramente pesaram-se 50 g de malte numa balança *Mettler PJ3000*. Introduziu-se o malte, já pesado, no tambor do friabilímetro *Pfeuffer* deixando o aparelho a trabalhar durante 8 minutos. Esvaziou-se o conteúdo do peneiro do tambor para um papel e pesou-se o material todo (**A**).

- Determinação de grãos não-modificados

A partir do material recolhido, seleccionaram-se os grãos inteiros e procedeu-se à pesagem dos mesmos (**B**).

- Determinação de grãos parcialmente modificados

Para determinar os grãos não-modificados recolheu-se toda a amostra e inseriu-se no calibrador *Steinecker* mais especificamente no crivo 2,2 mm e agitou-se durante 1 minuto. Recolheu-se os grãos partidos + inteiros e pesou-se os mesmos (**C**).

Método de cálculo:

- Cálculo da Friabilidade (%):

$$\text{Friabilidade} = 100 - (2 * \mathbf{A})$$

- Cálculo dos grãos não-modificados (%):

$$\text{Grãos não-modificados} = (2 * \mathbf{B})$$

- Cálculo dos grãos parcialmente não-modificados (%):

$$\text{Grãos parcialmente não-modificados} = (2 * \mathbf{C})$$

2.2.2 Granulometria

Material:

- Calibrador *Steinecker* constituído por 3 peneiros (de 12-25 mm)
- Balança *Mettler PJ3000*

Pesou-se 100 g de malte numa balança *Mettler PJ3000* e colocou-se no peneiro superior do calibrador *Steinecker* em agitação durante 5 minutos. Os grãos de dimensão superior a 2,8 mm ficam retidos no peneiro superior, os grãos de dimensão superior a 2,5 mm ficam no peneiro abaixo, os grãos de dimensão superior a 2,2 mm ficam no 3º peneiro e os grãos inferiores a 2,2 mm migram para o prato em baixo dos peneiros. Recolheu-se, primeiramente, a fração de grãos do peneiro superior, separando-a dos grãos inteiros dos grãos partidos e das palhas + corpos estranhos em copos. Seguiu-se o mesmo protocolo para os restantes peneiros e pesou-se o malte correspondente aos grãos de dimensões superiores a 2,8 mm, 2,5 mm, 2,2 mm, inferiores a 2,2 mm, corpos estranho e palhas, e ainda grãos partidos. Os resultados da calibragem são dados em % de grãos de dimensões superiores a 2,5 mm e grãos inferiores a 2,2 mm.

2.2.3 Determinação do rendimento do malte

Para a determinação do rendimento das amostras de malte analisadas foi usado um método de quantificação do extrato presente numa amostra de malte (Método *Brassin*). Este método foi sempre executado pelos técnicos de laboratório. Este método permite obter a densidade específica do mosto, através da utilização de um densitómetro *Anton Paar*. Pela obtenção da gravidade específica converteu-se a mesma para valor de extrato em °Plato através de uma tabela Goldiner, Klemann e Kompf (Heineken Supply Chain, 2011).

Por fim a percentagem, de extrato de malte foi calculada de acordo com as seguintes equações:

$$E_1 = \frac{P * (M + 800)}{(100 - P)}$$

$$E_2 = \frac{(E_1 * 100)}{(100 - M)}$$

- **E1** – Percentagem de extrato na amostra (% m/m)
- **E2** – Percentagem de extrato em malte seco (% m/m)
- **P** – Extrato de mosto em °Plato (g/100 g)
- **M** – Humidade do malte em percentagem (% m/m)
- **800** – Quantidade de água destilada adicionada para 100 g de malte

2.3 Determinação do extrato de trub

Todas as amostras de trub foram recolhidas aquando da sua inserção na etapa de filtração. Na figura 2.4 pode ser observado o ponto de recolha de trub. Ao retirar o visor da tubagem apresentada na figura 2.4, abriu-se a válvula que dá passagem de trub para o esgoto. Deste modo, recolheram-se as amostras de trub para um balde e levaram-se as mesmas para o laboratório. Filtraram-se as amostras através de um funil e de um papel de filtro e mediu-se o seu extrato no densitómetro Anton Paar.



Figura 2.4 - Ponto de recolha da amostra de trub

3 Resultados e Discussão

3.1 Análise à Friabilidade, Granulometria e Rendimento do Malte (Silos CM1 e CM4)

Enquadramento

A friabilidade, granulometria e rendimento são propriedades do malte que variam de lote para lote. As mesmas têm implicação no extrato final produzido, sendo deste forma essencial a sua avaliação na indústria cervejeira.

No panorama geral, extrato dos últimos fabricos respeitantes a cada lote de malte, ou a cada silo apresentam extratos mais baixos do que a média geral.

Problema

Extrato dos primeiros fabricos de um silo superior ao extrato dos últimos fabricos.

Objetivo

Desta forma, o estudo teve como objetivo perceber se o decréscimo de extrato nos últimos fabricos de silo estará aliada a variações na friabilidade, granulometria e rendimento do malte.

Primeiramente dividiu-se o silo em 3 partes, início, meio e fim, de acordo com a sua carga após as trasfegas, como pode ser vizualizado na figura 3.1.

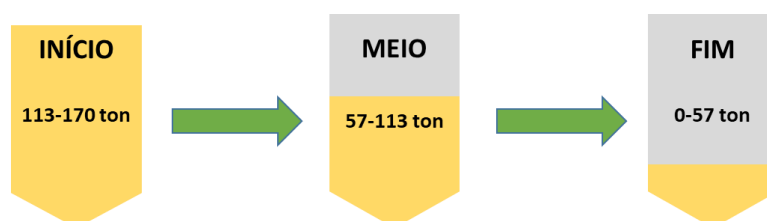


Figura 3.1 - Demonstração da divisão do silo (início, meio e fim)

De seguida, foram recolhidas 9 amostras referentes a diferentes fases da trasfega do malte como indica a tabela 3.1. A escolha de uma pequena amostragem em vez de uma maior amostragem foi feita com o intuito de perceber se seria relevante fazer um estudo mais aprofundado aos parâmetros que se pretendia analisar num intervalo de tempo mais curto (friabilidade, granulometria e rendimento).

Tabela 3.1- Legenda das amostras em função da fase de recolha

Silo CM1	Enchimento do Silo	Descarga do Silo	Moagem
Início	Malte 1	Malte 2	Malte 3
Meio	Malte 4	Malte 5	Malte 6
Fim	Malte 7	Malte 8	Malte 9

Friabilidade

Ao recolher as amostras representadas pela tabela 3.1, analisou-se as mesmas quanto à sua friabilidade, granulometria e rendimento. Os resultados relativos à friabilidade do malte no silo CM1 podem ser observados nas figuras 3.2 e 3.3.

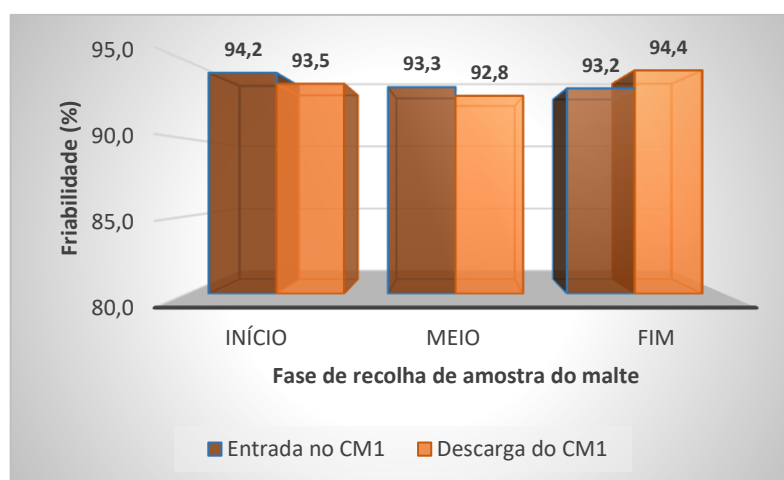


Figura 3.2 - Análise à Friabilidade do malte no silo CM1

A friabilidade dá-nos informação sobre a facilidade que os grãos de malte têm em se partir após a moagem no friabilímetro. Não obstante, a friabilidade está ainda inversamente correlacionada com a viscosidade do mosto. Desta forma, quanto maior for a quantidade de grãos não modificados ou, menor for a friabilidade, maior será a viscosidade do mosto (Bathgate, 1983). Por observação da figura 3.2 é possível verificar que o maior valor, relativo à friabilidade do grão, apresenta-se no final da descarga do silo (Malte 8) e o menor valor é relativo ao meio da sua descarga (Malte 5). Contudo os valores de friabilidade obtidos encontram-se muito próximos nas

diferentes fases da recolha, indicando-nos que, possivelmente, a fase de descarga do silo não terá um grande impacto na quebra dos cereais durante a moagem.

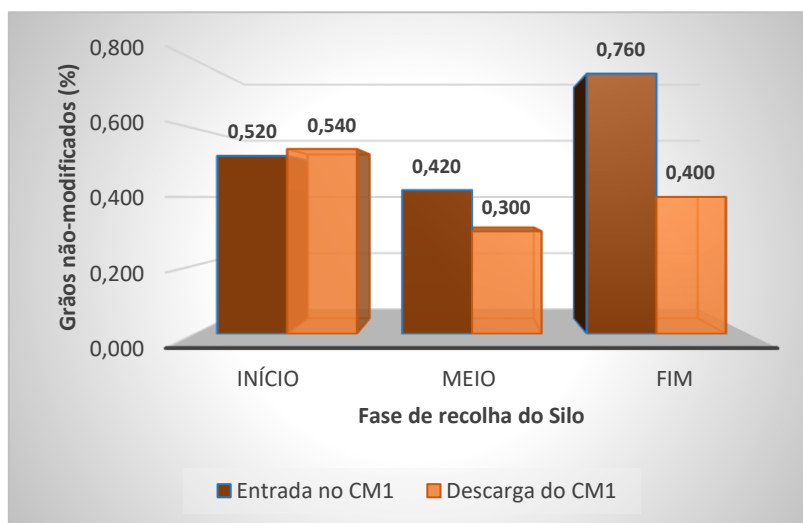


Figura 3.3 - Análise ao grãos não-modificados do malte no silo CM1

Ao analisarmos a figura 3.3, verificamos que o maior valor relativo aos grãos não modificados no silo CM1 é representado pela amostra Malte 7 e o menor valor pela amostra Malte 5. Contudo, a diferença entre os valores obtidos é relativamente pequena para podermos concluir que o percentagem de grãos não-modificados varia com a fase de recolha da amostra. Não obstante, os resultados demonstram que o malte apresenta uma elevada friabilidade e reduzida percentagem de grãos não-modificados, podendo remeter para a origem de um mosto pouco viscoso durante a empastagem (Bathgate, 1983). Por observação dos resultados relativos aos grãos não-modificados, podemos aferir que a maior diferença encontra-se entre o fim da entrada do silo e o fim da descarga do silo. Isto poderá ser justificado pelo facto de o grão mais pesado migrar com maior velocidade que o grão mais leve à medida que o silo é descarregado. Se no final da descarga o silo apresentar maiores quantidades de grão partido e de menores dimensões, então o valor da friabilidade será maior e a percentagem de grão não-modificado será menor, pois o grão é mais frágil e por consequência irá mais facilmente ser partido.

Granulometria

Feita a análise à friabilidade dos grãos de malte, procedeu-se ao estudo da granulometria do malte, de forma a se poder verificar se existe uniformidade de grãos ao longo da descarga do silo. Os resultados obtidos encontram-se nas figuras 3.4 e 3.6.

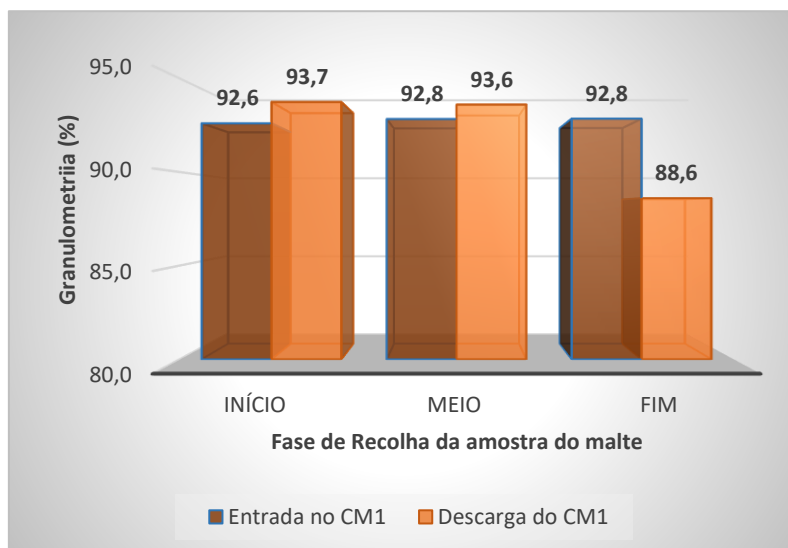


Figura 3.4 - Resultados relativos à Granulometria ($> 2,5-2,8 \text{ mm}$) do malte no silo CM1

Ao analisar os resultados da figura 3.4 podemos verificar que todas as amostras apresentam valores de granulometria próximos, à exceção da amostra Malte 8. Por comparação da amostra Malte 8 com a amostra Malte 7, observamos uma diferença acentuada, podendo aferir que existe uma diferença entre a recolha da amostra durante o enchimento do silo e a recolha durante o fim da descarga do silo. Pode-se pressupor que a diferença entre a amostra Malte 7 e a amostra Malte 8 se poderá dever à maior velocidade de migração dos grãos de maiores dimensões para o fundo do silo à medida que o mesmo é descarregado, sendo incorporados os grãos de maiores dimensões nos primeiros fabricos do silo e grãos de menores dimensões e palhas nos últimos fabricos, devido a serem mais leves e não migrarem tão facilmente para o final do silo. A figura 3.5 explica o raciocínio de migração do grão de malte ao longo da descarga do silo.

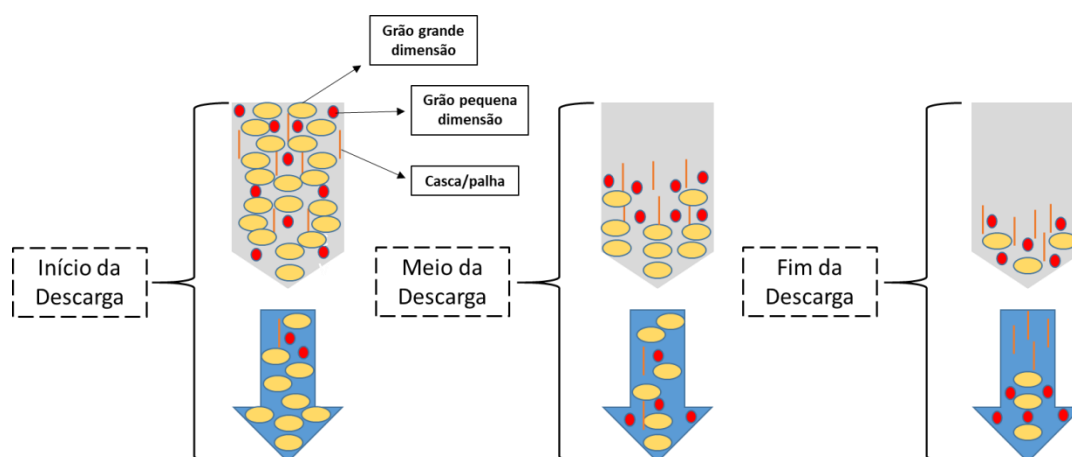


Figura 3.5 - Representação da migração de malte ao longo da descarga do silo

A partir da figura 3.5 pode-se verificar que à medida que o silo vai sendo descarregado, o malte de maiores dimensões vai migrando para o fundo do silo, saindo primeiro que o malte de menores dimensões e as palhas. Nos últimos fabricos há, deste modo, uma maior abundância de malte de menores dimensões e palhas.

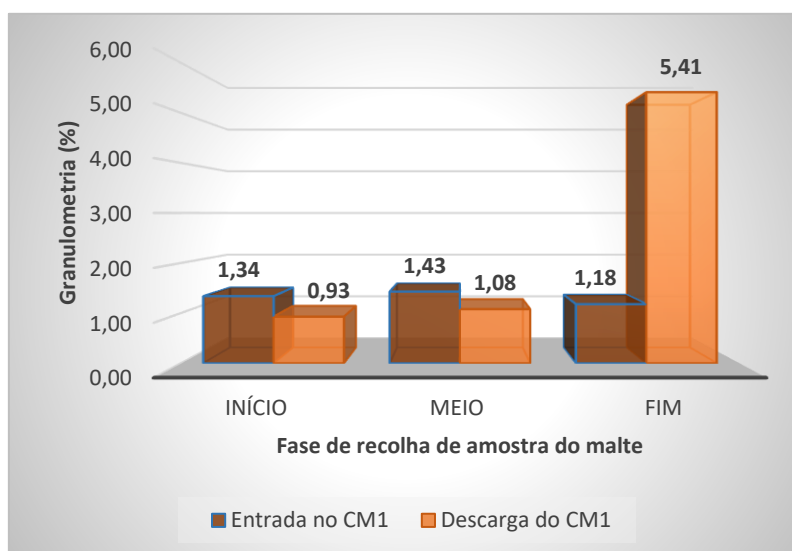


Figura 3.6 - Análise à Granulometria (< 2.2 mm) do malte no silo CM1

Segundo os resultados da figura 3.6, os grãos apresentam uniformidade na sua granulometria, comparando o enchimento e a descarga do silo, com excepção da descarga do final do silo relativa à amostra 8. Estes resultados estão coerentes com os observado na figura 3.4, na medida em que uma diminuição dos grãos de maiores dimensões é compensada com um aumento de grãos de menores dimensões.

Quanto maior o grão maior será, de modo geral, o seu conteúdo em açúcares, logo maior será o seu extrato fermentescível. Desta forma, fabricos que contenham grãos de menores dimensões e maior quantidade de palhas irão dar origem a menor quantidade de extrato, visto que as cascas não contribuem para o extrato do fabrico. Sendo assim, à medida que o silo vai sendo descarregado a percentagem de grãos de maiores dimensões vai diminuindo e deste modo, os fabricos vão apresentando tendencialmente um extrato cada vez menor.

Contudo, para completar e aprofundar mais este estudo, foi feita uma análise ao rendimento destas mesmas amostras, de forma a perceber se existe linearidade no rendimento do cereal ao longo do enchimento e descarga do silo, bem como na moagem.

Os resultados podem ser observados na figura 3.7:

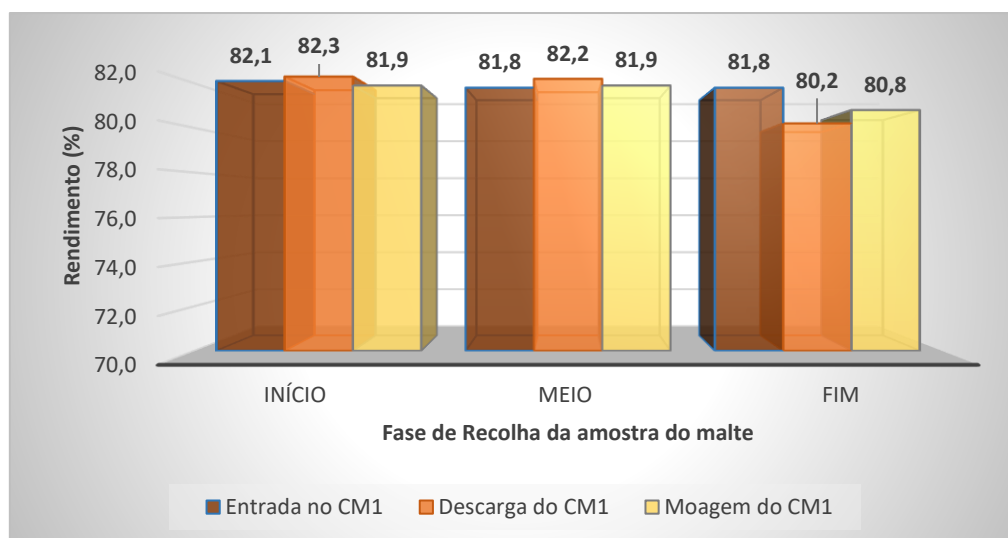


Figura 3.7 - Resultados relativos ao rendimento do malte

Por observação dos resultados da figura 3.7, é possível verificar que no início e no meio do silo, durante as fases de enchimento, descarga e moagem, não existem grandes variações. As amostras representativas do início do silo, revelam uma diferença máxima de 0,4% correspondendo à diferença de rendimento entre a descarga e a moagem do cereal. Tal como no início, a diferença máxima entre as amostras representativas do meio do silo é de 0,4%. Contudo, ao observar-se os dados relativos ao final do enchimento, descarga e moagem, verifica-se que há uma variação mais abrupta do rendimento. Nesta fase, o valor do rendimento da amostra Malte 7 é similar aos rendimentos das amostras representativas do início e meio do silo. Contudo, na descarga e na moagem, observa-se um declínio deste rendimento. Do enchimento para a descarga final verifica-se uma diminuição de 1,6% no rendimento, enquanto do enchimento do silo para a moagem esta diminuição é de 1,0%. Estes valores são cerca de quatro a duas vezes superiores aos observados na fase inicial e intermédia, correspondentemente.

Por comparação dos resultados do rendimento e granulometria, observa-se que em ambos há um decréscimo da percentagem de grão de maiores dimensões e do rendimento da amostra, juntamente com um aumento da quantidade de grãos de menores dimensões na descarga do fim do silo. Estes resultados apresentam-se coerentes com os da granulometria, na medida em que na análise à amostra que contém menor percentagem de grãos de maiores dimensões e maior percentagem de grãos de menores dimensões (Malte 8), se obteve um rendimento menor, ou seja, menor quantidade de extrato.

Como já se pôde pressupor, podemos ponderar que o decaimento na percentagem de grãos maiores que 2,5-2,8 milímetros do início para o fim do silo esteja relacionado com a ação da velocidade de migração do grão ao longo da descarga do silo. Ou seja, à medida que o silo vai

sendo descarregado os grãos de menores dimensões e cascas irão migrar com menor velocidade que os grãos de maiores dimensões, logo no início irá haver maior abundância de grãos de maiores dimensões e no final de silo, maior quantidade de grãos partidos e cascas.

Contudo, para ter uma maior noção do comportamento do malte ao longo da trasfega, fez-se uma nova análise direcionando o estudo para os últimos fabricos do silo CM4, por serem os fabricos que apresentam maior variação. Assim recolhemos duas amostras, representativas do 1º fabrico (início de silo) e do 10º fabrico (meio de silo) respectivamente e quatro amostras do final da descarga do CM4 correspondentes ao 20º, 21º, 22º e 23º fabricos, tendo como termo de comparação a amostra representativa de todo o silo e analisada pelo laboratório, como está explícito na tabela 3.2 abaixo.

Tabela 3.2 - Legenda das amostras em função da fase de descarga do silo CM4

Silo CM4	Amostras
Ao longo da descarga	LABORATÓRIO
Início	1º Fabrico
Meio	10º Fabrico
Fim	20º Fabrico
	21º Fabrico
	22º Fabrico
	23º Fabrico

Legenda de cores: (Ao longo da descarga ; Início ; Meio ; Fim)

As figuras 3.8 e 3.9 dizem respeito aos resultados da análise à granulometria do CM4.

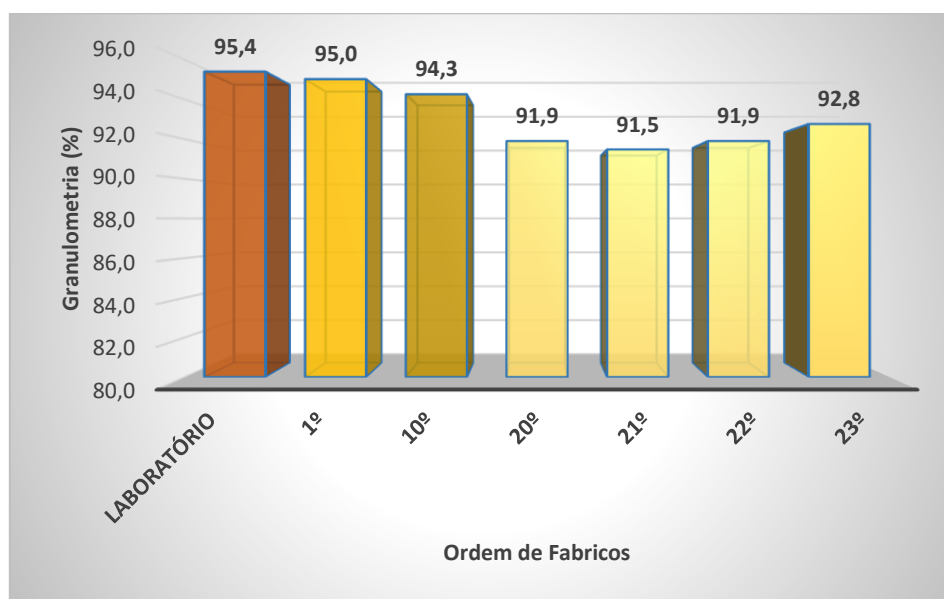


Figura 3.8 - Análise à Granulometria (> 2,5-2,8 mm) do malte no silo CM4

Observando os resultados da figura 3.8, é possível verificar que a amostra que apresentou maior percentagem de grãos maiores que 2,5-2,8 milímetros foi a amostra representativa do 1º fabrico, enquanto a que apresentou menores valores foi a amostra representativa do 21º fabrico com uma diferença de 3,54 %. Nota-se ainda um declínio da percentagem de grãos de dimensões superiores a 2,5 mm desde o início da trasfega até ao final. Contudo, do 21º fabrico até ao 23º fabrico ocorre um aumento da percentagem de grãos maiores que 2,5 mm. A explicação para este fenómeno pode residir no facto de uma amostra ser pouco representativa em relação a uma descarga de malte num fabrico, visto que a diferença entre os valores da amostra 21º fabrico e 22º fabrico não é expressiva.

Não obstante também se verifica um aumento de grãos maiores que 2,5 mm da amostra relativa ao 22º fabrico para a amostra do 23º fabrico. Tal pode ser devido ao 23º fabrico já não chegar para abastecer o fabrico inteiro, sendo necessário misturar o malte deste silo com o início de outro silo. Deste modo, a amostra pode conter malte de fim de um silo (grãos de menores dimensões e cascas) e malte de início de silo (grãos de maiores dimensões).

Por fim, é relevante ressaltar que todas as amostras se encontram com valores inferiores à amostra do Laboratório. A amostra Laboratório é representativa de uma descarga inteira, servindo como uma média de toda a descarga. Seria expectável que pelo menos uma das amostras (1º fabrico ao 23º Fabrico) apresentasse valores acima da amostra Laboratório. Tal facto não foi observado, podendo ser devido a inúmeros fatores. Um dos fatores poderá assentar no facto de a análise ter sido feita por pessoas diferentes, na medida em que só a amostra Laboratório foi analisada pelos técnicos de laboratório, sendo a execução diferente de pessoa para pessoa.

Outro fator a ter em conta, é a representatividade da amostra, na medida em que uma amostra poderá ser pouco representativa de uma descarga inteira num fabrico.

Por fim, no enchimento do silo, os primeiros grãos a chegar ao silo sofrem maior impacto na queda devido ao silo ainda se encontrar vazio, podendo haver quebra do malte durante a primeira fase de enchimento. Por outro lado, a amostra analisada pelo laboratório é recolhida num amostrador antes do grão chegar ao silo, não sofrendo qualquer impacto por queda na primeira fase de enchimento do silo. Deste modo, a diferença entre as granulometrias das amostras poderá deparar-se com este facto.

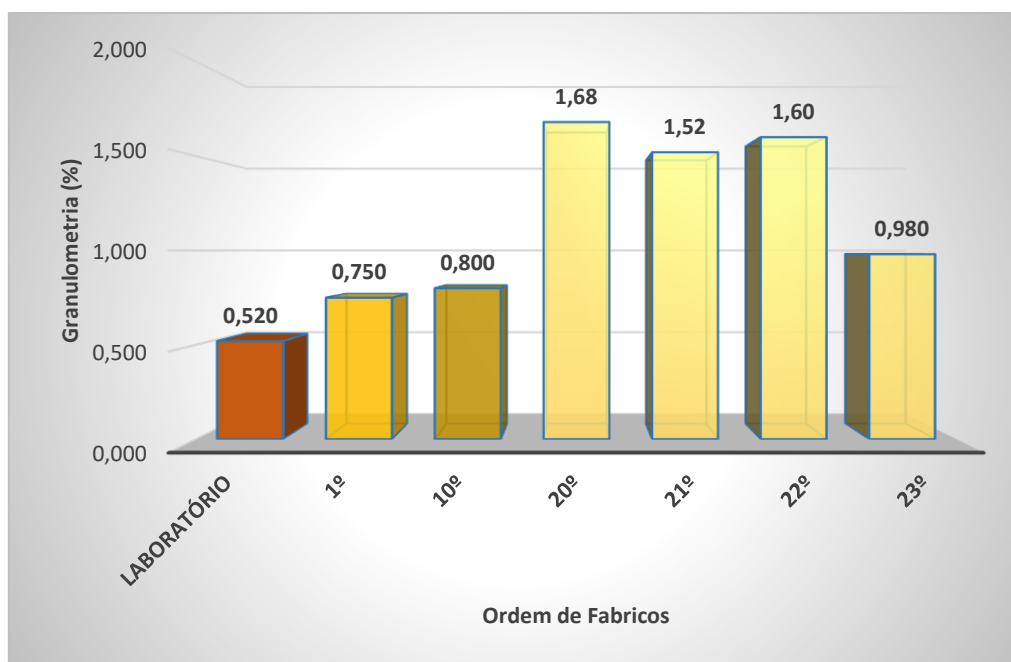


Figura 3.9 - Análise à Granulometria (< 2,2 mm) do malte no silo CM4

Ao analisar os resultados da figura 3.9, verifica-se que o maior valor obtido foi o da amostra relativa ao 20º fabrico, apresentando uma diferença de 0,93% para o menor valor obtido (1º fabrico), indo de encontro aos resultados do estudo anterior. É possível verificar também um aumento da percentagem de grãos menores que 2,2 mm ao longo da descarga do silo. Contudo, não se nota linearidade a partir do 21º fabrico para a frente. Isto pode ser devido ao facto de, tal como no caso anterior, uma amostra ser pouco representativa da descarga total de um fabrico. De notar que tal como na figura 3.8, o 23º fabrico difere um pouco dos outros últimos fabricos de silo (20º, 21º e 22º). A razão poderá assentar também no facto de o último fabrico levar uma mistura do final de um silo e do início de outro silo.

Contudo, em ambos os casos, uma diminuição de grãos de maiores dimensões é acompanhada de um aumento de grãos de menores dimensões, o que é verificado à medida que o silo vai sendo descarregado.

Estes resultados vão de encontro aos anteriores e assentam na tese de que ao longo da trasfega, os grãos de maiores dimensões migram mais facilmente para o fundo do silo em comparação com os grãos com menores dimensões e cascas.

Para avaliar se esta diferença de granulometrias poderia ter influência no extrato, analisou-se o rendimento de cada amostra, sendo os resultados observados na figura 3.10.

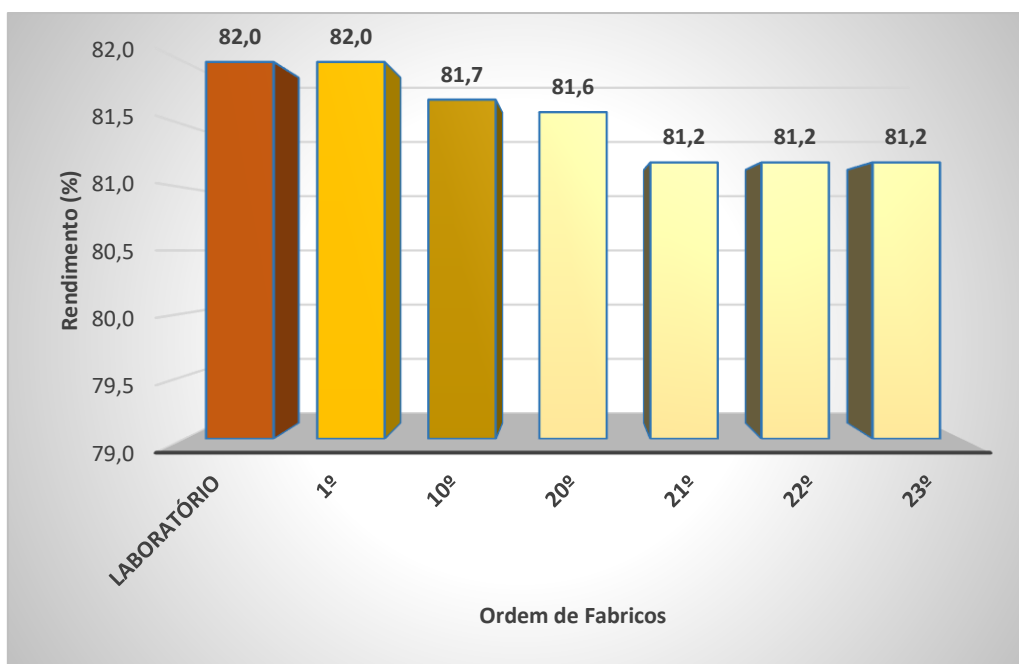


Figura 3.10 - Rendimento do malte ao longo da descarga do silo CM4

Ao observar a figura 3.10, podemos verificar um decréscimo do rendimento ao longo da descarga do silo tal como seria expectável, apresentando uma diferença de 0,8% entre o início da descarga e o final da mesma. Os resultados da figura 3.10, ajudam a confirmar a tese de que os grãos de maiores dimensões (maior extrato) vão migrar com mais facilidade para o fundo do silo, daí o rendimento se apresentar maior no início e meio da descarga do silo.

Podemos aferir que o rendimento correspondente à amostra do Laboratório é o mesmo obtido para a amostra relativa ao 1º fabrico. Visto que a amostra de laboratório corresponde a uma média de toda a descarga, seria de esperar que pelo menos a amostra correspondente ao 1º fabrico tivesse valores superiores à do laboratório. Contudo, tal como nos casos anteriores isso não se verificou, uma das razões poderá assentar no facto de a amostra de laboratório ser recolhida antes de o malte chegar ao silo, não sofrendo o impacto da queda no fim do silo e deste modo, não modificando a granulometria e rendimento do malte, como poderá acontecer com as amostras recolhidas desde o 1º Fabrico ao 23º Fabrico.

Medidas de resolução / Ações corretivas

- a) Mistura de malte de dois silos quando um deles estiver no fim**

Esta ação corretiva passaria por misturar o malte de dois silos quando um deles estivesse a chegar ao fim. O esquema explicativo está descrito na figura 3.11.

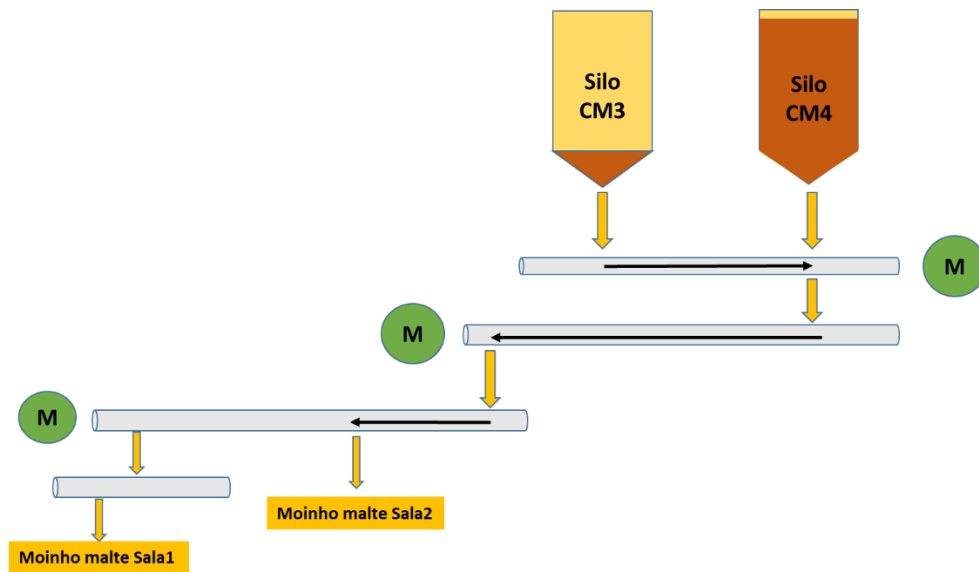


Figura 3.11 - Representação da ação corretiva relativa à mistura de malte de 2 silos

Por conseguinte, a mistura de malte seria mais homogênea, na medida em que os últimos fabricos de um silo, que têm maior quantidade de casca e palha, seriam misturados com o início de outro silo, que tem maior quantidade de grãos de maiores dimensões. Desta forma, o extrato seria mais nivelado em todos os fabricos e a probabilidade de haver extrato fora das especificações seria menor.

Contudo, para se ter uma análise mais específica à cerca do extrato menor dos últimos fabricos verificou-se os extratos dos últimos três fabricos correspondentes ao fim de silo durante o mês de Maio, resultados explícitos na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Extratos relativos aos três últimos fabricos de silo

	Silo	Fabrico até fim de silo	Extrato mosto frio %P	Vol. mosto frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Legenda de cores		
1ª semana Maio	1	Ante-penúltimo	15,73	629	1,063	10517	%P < Limite inferior		
	1	Penúltimo	15,63	633	1,063	10512	Limite inferior < %P < Limite médio		
	1	Último	15,52	631	1,062	10401	Limite médio < %P < Limite superior		
	3	Ante-penúltimo	15,47	639	1,062	10497	%P > Limite superior		
	3	Penúltimo	15,49	635	1,062	10446			
	3	Último	15,55	634	1,062	10472			
	4	Ante-penúltimo	16,25	631	1,065	10920			
	4	Penúltimo	15,56	626	1,062	10347			
	4	Último	15,69	632	1,063	10538			
	1	Ante-penúltimo	15,61	626	1,062	10382			
	1	Penúltimo	16,24	630	1,065	10896			
	1	Último	15,7	631	1,063	10529			
2ª semana Maio	3	Ante-penúltimo	15,34	624	1,061	10160			
	3	Penúltimo	15,35	627	1,061	10215			
	3	Último	15,57	630	1,062	10420			
	4	Ante-penúltimo	15,53	630	1,062	10392			
	4	Penúltimo	15,38	634	1,062	10351			
	4	Último	15,48	632	1,062	10389			
	1	Ante-penúltimo	15,52	629	1,062	10368			
	1	Penúltimo	15,44	631	1,062	10344			
	1	Último	15,44	631	1,062	10344			
	3	Ante-penúltimo	15,34	641	1,061	10436			
	3	Penúltimo	15,45	617	1,062	10122			
	3	Último	15,52	627	1,062	10335			
3ª semana Maio	1	Ante-penúltimo	15,57	629	1,062	10403			
	1	Penúltimo	15,54	631	1,062	10415			
	1	Último	15,47	633	1,062	10398			
	4	Ante-penúltimo	15,51	629	1,062	10361			
	4	Penúltimo	15,48	630	1,062	10356			
	4	Último	15,52	628	1,062	10352			
	1	Ante-penúltimo	15,65	629	1,063	10460			
	1	Penúltimo	15,73	625	1,063	10450			
	1	Último	15,63	621	1,063	10313			
							Limite inferior	Limite médio	Limite superior
							15,40	15,70	16,00

Por observação da tabela 3.3, verifica-se que apenas alguns extratos se encontram fora de especificação, mais precisamente quatro fabricos em trinta e três analisados. Todavia, apenas cinco fabricos se encontram superiores ao limite médio imposto confirmando que, na maioria dos casos, os últimos três fabricos de um silo apresentam extratos baixos. Ao analisar esses extratos, podemos concluir que se tratam de extratos correspondentes aos ante-penúltimos e penúltimos fabricos antes do fim de silo.

Podemos, contudo, verificar que nenhum dos últimos fabricos apresenta um extrato fora de especificação, ao contrário de alguns ante-penúltimos e penúltimos fabricos. Isto poderá dever-se ao facto de habitualmente o silo já não conter malte suficiente para abastecer o fabrico por completo e ter de haver uma mistura de malte com outro silo que ainda está cheio. Sendo assim, o último fabrico irá, por um lado, conter malte de fim de silo, mas também malte de início de silo, malte este que contém maior percentagem de grão de maiores dimensões, ou seja, com maior quantidade de extrato.

b) S-Loader

Por outro lado, outra solução seria a compra de um equipamento denominado de S-Loader. O S-Loader consiste numa tubagem que pode ser instalada e adaptada a um silo e que permite encher o silo por camadas, eliminando o problema associado à quebra dos primeiros grãos a serem inseridos e a embaterem no fundo do silo, ou seja, não interferindo com a friabilidade e granulometria do malte (Buhler, 2019).

Este equipamento foi então desenvolvido para diminuir a abrasão da matéria-prima durante o armazenamento da mesma, assegurando uma maior proteção e manutenção da qualidade do malte, a redução do abrasão até 0,5%, a homogeneidade do cereal no silo (Buhler, 2019). A figura 3.12 representa o modo de funcionamento do equipamento S-Loader aquando do enchimento e vazamento de um silo.

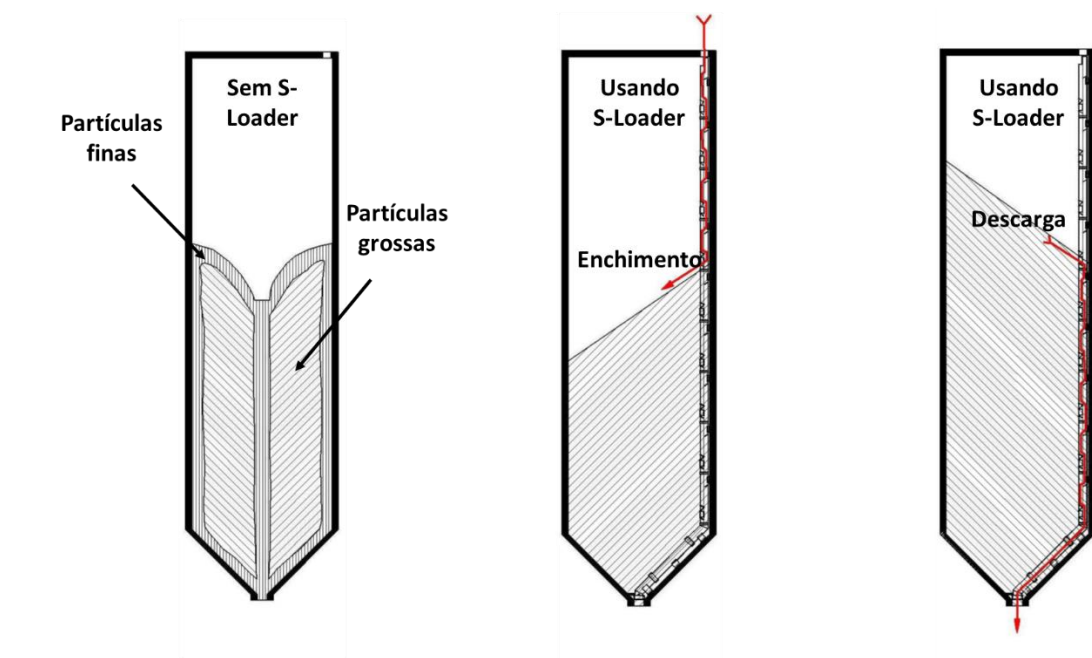


Figura 3.12 - Funcionamento do equipamento S-Loader - imagem adaptada de (Buhler Ltd, 2019)

Por observação da figura 3.12 conclui-se que este equipamento permite uma maior homogeneidade do malte no interior do silo e sendo assim, auxiliaria no nivelamento do extrato em cada fabrico desde o início da descarga até ao seu final.

Adoção/Rejeição da ação corretiva – Custo

As ações corretivas e seus custos podem ser observados na figura 3.13.



Figura 3.13 - Ações corretivas e seus custos relativos à variação de granulometria e rendimento do malte ao longo da descarga do silo

a) Mistura de malte de dois silos quando um deles estiver no fim

Os custos associados são apenas relativos à automatização. A automatização do processo teria um custo de cerca de 1000 €. Contudo, este estudo não se direciona diretamente à quebra de extrato mas sim ao enquadramento dos valores de extrato nos limites definidos para a empresa. Deste modo, a aplicação de tal medida só seria relevante no intuito de se obter uma maior homogeneidade do extrato em todos os fabricos.

b) S-Loader

O custo associado à obtenção de um S-Loader seria cerca de 50 000 euros, custo este que se pressupõe ser demasiado elevado para o problema em questão.

Deste modo apenas a mistura de malte entre dois silos quando um deles estiver perto do fim ficou como possível resolução futura.

3.2 Perda de mosto pelo tubo ladrão do Filtro

Enquadramento

Após o enchimento do Filtro Meura, inicia-se a etapa de Filtração do mosto. Quando a etapa se inicia, o mosto que vai sendo filtrado é encaminhado para um tanque associado ao próprio filtro. Durante a trasfega do filtro para o tanque do filtro, observou-se que havia perda de mosto por um tubo (tubo ladrão) que serve de purga quando o tanque sobreenche.

Problema

Perda de mosto pelo tubo ladrão na etapa de Filtração do mosto.

Objetivo

O objetivo passou por perceber o modo de falha no filtro e por anular a perda de mosto pelo tubo ladrão.

O sobreenchimento do tanque associado ao filtro deve-se essencialmente ao lento funcionamento da bomba (B2) e da válvula de vazamento (VMN) do tanque do filtro em relação à bomba de enchimento do filtro (B1), nos primeiros segundos da filtração. Contudo, o filtro não é igual em ambas as salas necessitando de diferentes medidas de resolução. Na figura 3.14 encontra-se representado o percurso da mistura desde que sai do mechamasher até ao tanque tampão, bem como a tubagem de vazamento de mosto até à tremonha, equipamento onde o mosto se perdia e não poderia mais ser recuperado.

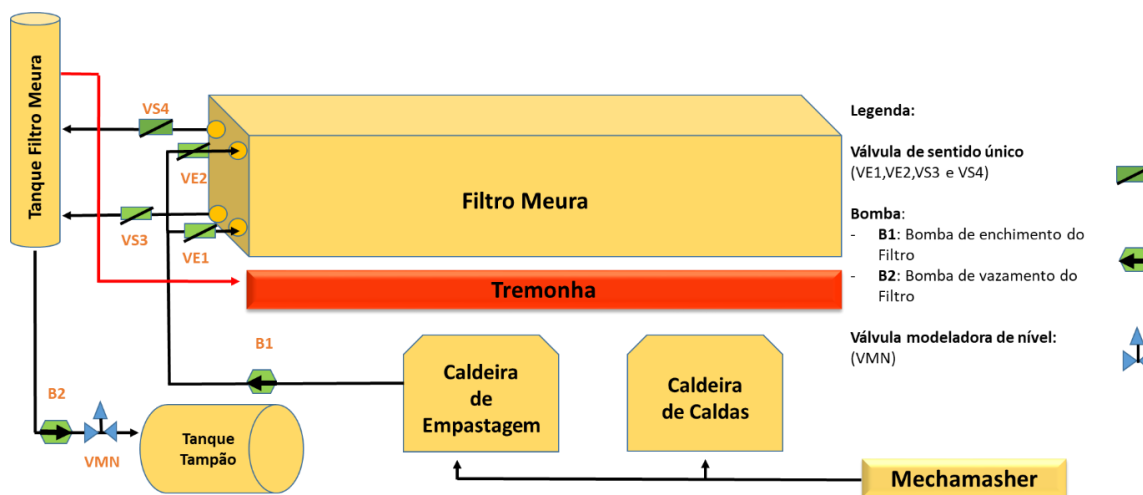


Figura 3.14 - Esquema representativo do fluxo da mistura desde o Mechamasher até ao Tanque Tampão

Análise do Problema

Filtro – Sala 2

O Filtro da Sala 2 inicia o enchimento do tanque do Filtro logo após o filtro estar cheio e se iniciar a etapa da Filtração do mosto. Verificou-se que na sala 2, o parâmetro que controla a percentagem a que o tanque do filtro começa a vaziar, estava com o set-point de 80% de nível pré-definido. Isto significa que o tanque do filtro só começava a vaziar a partir do momento que o tanque estivesse

80% cheio, não dando tempo suficiente para que a bomba e a válvula de vazamento trabalhassem de forma a atingir um caudal de saída igual ao caudal de entrada.

A figura 3.15 abaixo representa o que acontece à medida que o tanque vai enchendo durante a etapa de filtração.

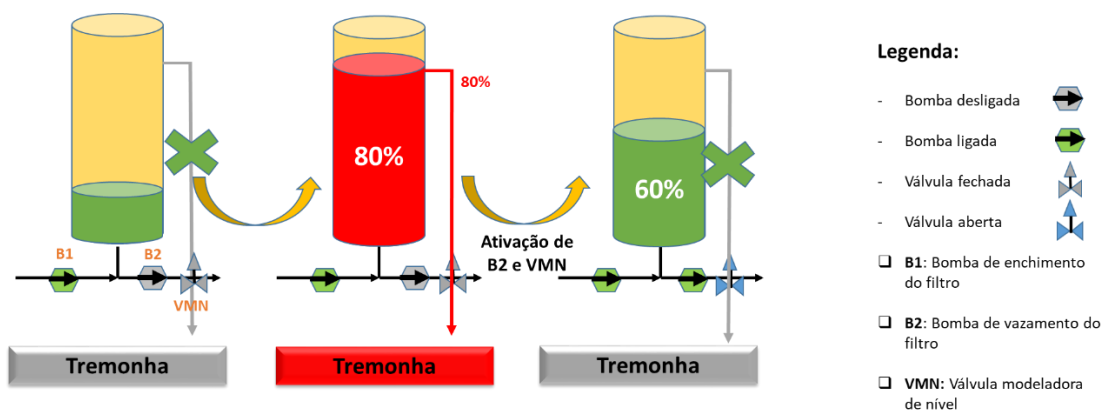


Figura 3.15 - Enchimento do tanque do filtro da sala 2 à medida que decorre a filtração

Observando a figura 3.15, pode-se verificar que o mosto ao chegar a cerca de 80% começava a vazar pelo tubo ladrão até à tremonha onde não era possível a sua recuperação. Visto que a bomba (B2) e válvula de vazamento (VMN) do mosto só começariam a trabalhar mediadas por um nível de 80% do tanque e que demoravam alguns segundos a igualar o caudal proporcionado pela bomba de enchimento (B1), o mosto iria sendo perdido até se nivelar ambos os caudais.

Medidas de Resolução / Ações corretivas

a) Otimização do nível de saída do tanque do filtro – alteração de set-point

Desta forma, alterou-se o parâmetro a que o vazamento do mosto no tanque inicia, passando de 80% para 30%. Após esta alteração o tanque já vazava menos mosto para a tremonha. Todavia, ainda se observava que algum mosto era perdido pelo tubo ladrão. Tal situação acontecia devido ao facto de a bomba B2 e válvula VMN não igualarem o caudal da bomba B1 antes do nível do tanque do filtro chegar a 80%.

Deste modo, reduziu-se o parâmetro de vazamento do tanque para 20%. Após esta alteração, o tanque deixou de perder mosto para a tremonha em todos os fabricos.

A figura 3.16 representa um esquema do tanque após a alteração feita.

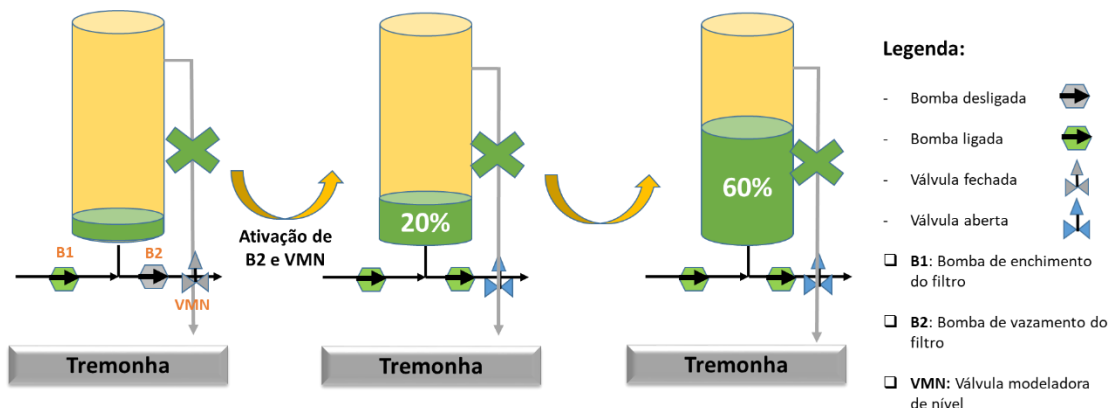


Figura 3.16 - Enchimento do tanque do filtro da sala 2 à medida que decorre a filtração após implementação da ação corretiva

Deste modo, a bomba B2 e válvula VMN foram automatizadas a iniciar o seu funcionamento mais cedo e assim o nível do tanque só sobe até aos 60% que é o set-point de nível imposto na etapa de filtração do mosto.

Filtro – Sala 1

Na sala 1, o funcionamento do filtro é diferente do filtro da sala 2. Durante a fase de enchimento do filtro, o tanque do filtro vai também enchendo até chegar aos 68% (percentagem correspondente ao filtro cheio, dado pela sonda de enchimento). A partir desse ponto, inicia-se a filtração e o tanque continua o seu enchimento. Contudo, o parâmetro de vazamento do tanque estaria à percentagem de 37%. Como o primeiro set-point a ser reconhecido para que a válvula e bomba de vazamento sejam ativadas é o sensor do filtro dar sinal de cheio, não havia reconhecimento do set-point de 37% de enchimento, pois o tanque já estaria à percentagem de 68%. Na figura 3.17 pode ser observado o que acontecia à medida que o tanque do filtro enchia.

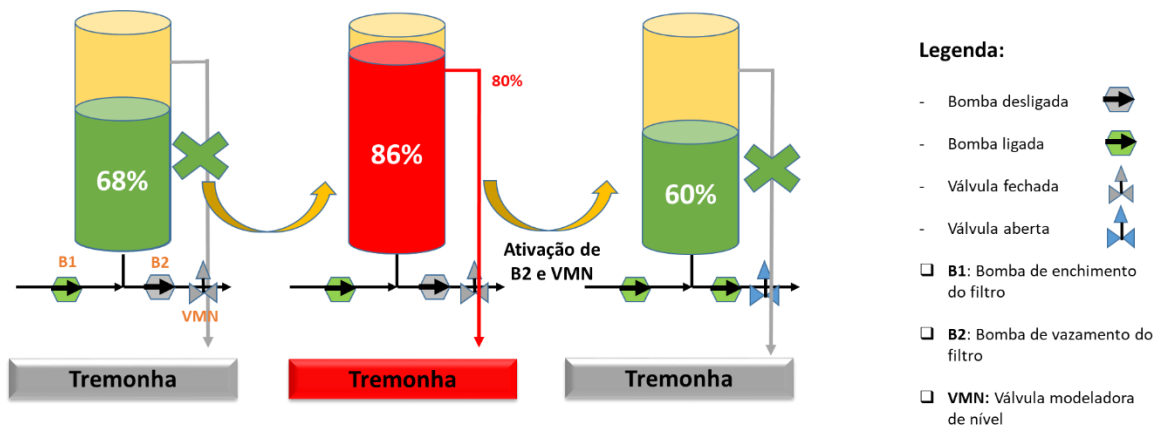


Figura 3.17 - Enchimento do tanque do filtro da sala 1 à medida que decorre a filtração

Medidas de Resolução / Ações corretivas

a) Otimização do nível de saída do tanque do filtro – alteração de set-point

Desta forma, alterou-se este parâmetro de 37% para os 76% de forma a que a esta percentagem, a bomba (B2) e válvula de vazamento (VMN) começassem a trabalhar após o reconhecimento do 1º set-point. Visto que a bomba e válvula de vazamento igualam quase instantaneamente o caudal de enchimento (ao contrário do sistema da Sala 2), a esta percentagem, o filtro deixou de vaziar mosto para a tremonha. O esquema explicativo da alteração pode ser visto na figura 3.18.

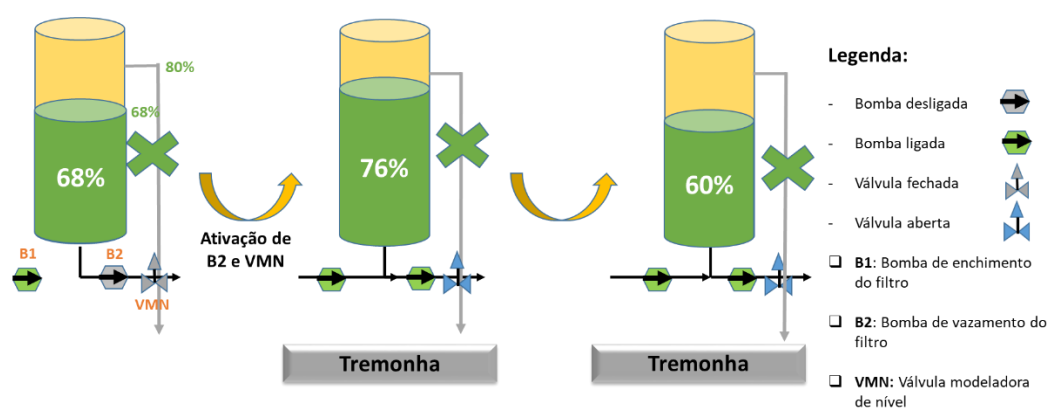


Figura 3.18 - Enchimento do tanque do filtro da sala 1 à medida que decorre a filtração após implementação da ação corretiva

Deste modo, a bomba B2 e válvula VMN foram automatizadas a iniciar o seu funcionamento mais cedo e assim o nível do tanque só sobe até aos 60% que é o set-point de nível imposto na etapa de filtração do mosto.

Contabilização da perda

Contudo, devido a não se conseguir recolher todo o mosto vazado para a tremonha, é difícil contabilizar com precisão o volume de mosto que é perdido pela tremonha durante o começo da filtração. Desta forma, fez-se uma estimativa da quantidade de extrato perdido ao longo do ano para diferentes volumes de mosto, bem como o desperdício anual em euros que a empresa tem para ambas as sala no ano de 2018. Para isso foram usadas as seguintes equações de forma a se poder calcular a gravidade específica (SG).

$$SG = 1 + (0.004 * ^\circ\text{Plato}) \text{ (g/100g)}$$

sendo a conversão de $^\circ\text{Plato}$ em SG - retirada de: (Learn to Brew, 2019)

$$SG = \frac{\text{Massa mosto total (g)}}{\text{Volume mosto total (L)}}$$

A partir da massa total de mosto, foi possível então calcular a massa de extrato presente nesse mesmo mosto, a partir da equação:

$$\text{Extrato (kg)} = \text{Massa mosto total (kg)} * ^\circ\text{Plato (kg extrato / 100 kg mosto)}$$

Por conseguinte, calculou-se o extrato desperdiçado anualmente pela multiplicação do mesmo pelo nº de fabricos anuais de Sagres Branca, convertendo-se posteriormente o valor de extrato desperdiçado para euros, tendo como base os valores da tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Dados relativos ao número de fabricos e custo de extrato anual

Nº fabricos Sagres Branca (2018)	Custo do extrato (euro/tonelada)
2547	408

Por fim, sabendo que 1,00% de quebra está associada a 137176 euros, calculou-se o valor da quebra de extrato para as perdas em questão. Todos os dados relativos a estes cálculos podem ser consultados no anexo 2.

Na tabela 3.5 pode-se observar os resultados da estimativa do extrato perdido por fabrico e anualmente, bem como a quebra de extrato associada a essa perda e o desperdício a que a mesma corresponde em euros.

Tabela 3.5 - Desperdício de extrato em quilogramas e em euros, bem como a sua quebra

Extrato mosto (°P)	Volume Perdido (L)	Extrato Perdido (kg)	Extrato perdido anual (ton)	Quebra (%)	Desperdício (euros)
23,05	10	2,52	6,41	0,0191	2616
23,05	15	3,78	9,62	0,0286	3924
23,05	20	5,04	12,8	0,0381	5232
23,05	25	6,29	16,0	0,0477	6540

Visto que um fabrico de Sagres Branca origina entre 10-12 toneladas de extrato, pode-se pressupor que caso o volume médio desperdiçado por fabrico seja igual ou superior a 15 litros, o desperdício em extrato ao fim de um ano será de cerca de um fabrico completo de extrato.

Com base nos custos de extrato por tonelada, foi calculada a poupança anual em função do volume perdido por fabrico.

Por observação da tabela 3.5 conclui-se que para volumes entre 10-25 litros por fabrico, a Central de Cervejas irá poupar anualmente entre **2600-6500 €** em receita Sagres Branca. Contudo, todo este estudo também tem impacto em todas as outras receitas, acrescentando assim o valor de poupança anual.

Adoção/Rejeição da Ação Corretiva – Custo

As ações corretivas e seus custos podem ser verificados na figura 3.19



Figura 3.19 - Ações corretivas e seus custos associados à perda de mosto pelo tubo ladrão do filtro

3.3 - Pré-Aquecimento do Filtro Meura

Enquadramento

A Fábrica de Vialonga apresenta uma rotina de produção de segunda a sexta-feira, mas depende muito da época do ano, exibindo uma maior produção durante os meses de Verão e menor produção durante o Inverno. Contudo, de modo geral, a fábrica pára a sua produção durante o fim de semana ou mesmo uns dias antes. Após paragem, os equipamentos ficam frios e é necessário, para não os degradar, proceder-se a um pré-aquecimento do circuito e destes mesmos equipamentos, de forma a que não ocorra choque térmico dos mesmos. É então recomendado, segundo parâmetros Meura, que se façam dois tipos de Pré-Aquecimento antes de iniciar a produção, um a 35°C (durante 4h) e outro a 55°C (durante 4h).

Problema

Perda de mosto e água de lavagem em alguns dos primeiros fabricos da semana, durante a época de Inverno, onde as temperaturas são de modo geral mais baixas.

Objetivo

O objetivo deste estudo teve então como base a análise à variação de temperatura que vai acontecendo durante o pré-aquecimento do filtro Meura.

Verificou-se então que em alguns primeiros fabricos da semana, havia perda de mosto e de água pela cabeceira do filtro. Por observação das placas, foi visível que as mesmas apresentavam folga entre elas, sendo essas folgas mais evidentes na cabeceira do filtro. Desta forma, decidiu-se analisar a temperatura do filtro e do tanque do filtro, de forma a se poder verificar se a temperatura variava significativamente durante o pré-aquecimento.

Para isso, foi usada uma pistola Infra-vermelho. A pistola Infra-vermelho funciona como um termómetro, sendo uma tecnologia indispensável para muitas aplicações e o método de medição de temperatura preferido em muitos casos (Merchant, 2019). A partir da mesma, foram medidas as temperaturas em diferentes estágios do pré-aquecimento e em diferentes locais do filtro. Na tabela 3.6 pode observar-se os resultados relativos à medição das temperaturas com a pistola Infra-vermelho, juntamente com as temperaturas dadas pelo sensor de temperatura do filtro.

Tabela 3.6 - Análise à variação da temperatura de Pré-Aquecimento em diferentes equipamentos

		Data	Local	T°C	Leitura
1º Pré-Aquecimento (35°C)	Início	14/01/2019	Filtro Meura	36,2	Brewmax
		14/01/2019	Tanque do Filtro	31,2	Pistola IV
	Meio	14/01/2019	Filtro Meura	32,2	Brewmax
		14/01/2019	Tanque do Filtro	27,8	Pistola IV
	Fim	14/01/2019	Caldeira Empastagem	33,4	Brewmax
		14/01/2019	Cabeceira Filtro – Início da Abertura	29,3	Pistola IV
		14/01/2019	Cabeceira Filtro – Fim da Abertura	26,0	Pistola IV
2º Pré-Aquecimento (55°C)	Início	14/01/2019	Filtro Meura	54,8	Brewmax
		14/01/2019	Tanque do Filtro	48,2	Pistola IV
	Meio	14/01/2019	Filtro Meura	45,6	Brewmax
		14/01/2019	Tanque do Filtro	43,3	Pistola IV
	Fim	14/01/2019	Caldeira Empastagem	53,6	Brewmax
		14/01/2019	Cabeceira Filtro – Início da Abertura	39,4	Pistola IV
		14/01/2019	Cabeceira Filtro – Fim da Abertura	35,8	Pistola IV

Ao se observar a tabela 3.6, verifica-se que as temperaturas vão variando à medida que o tempo passa, devido ao facto de o filtro estar frio, havendo transferência de temperatura da água quente para o filtro. Isto acontece devido ao facto de o sistema de pré-aquecimento não ser um sistema contínuo, significando que não há recirculação de água quente no filtro, não se podendo desta forma manter a temperatura real e inicial de pré-aquecimento. Outro fator relevante é a temperatura exterior, que pode influenciar também a temperatura do filtro. Quanto menor for a temperatura exterior ao filtro, menor será a temperatura do filtro. Visto que o filtro não é um equipamento isolado, a temperatura exterior exibe um elevado impacto na temperatura real do filtro.

Através da última medição de temperatura feita, verifica-se que esta foi de 35,8°C, ou seja, decresceu cerca de 19°C em relação à temperatura inicial de pré-aquecimento de 55,0°C. O empaste que vem da caldeira de empastagem chega a uma temperatura na ordem dos 76,0°C, ou seja, aproximadamente 40,0°C superior à temperatura a que o filtro se encontra. Visto que o choque térmico, acontece a um diferencial igual ou superior a 40,0°C, pode-se pressupor que uma das razões para haver folga/dilatação nas placas do filtro, é devido ao choque térmico que ocorre no filtro durante o 1º fabrico da semana.

Adoção/Rejeição das ações corretivas – Custos

As ações corretivas e seus custos podem ser consultados na figura 3.20.



Figura 3.20 - Ações corretivas e seus custos associados ao Pré-Aquecimento do filtro

a) Elevação das temperaturas de pré-aquecimento

Por forma a que o diferencial de temperatura entre o empaste e o filtro não seja suficiente para causar choque térmico e consequentemente dilatação das placas do filtro.

Principais problemas:

- Desgaste possivelmente mais rápido das telas e das membranas ao longo do ano.

b) Instalação de um permutador de calor associado ao filtro

Para gerar aquecimento gradual da água. Contudo, esta ação foi negada devido ao risco de a água, a temperaturas elevadas, poder favorecer o desenvolvimento de microrganismos durante o fim de semana.

Deste modo, apenas o aumento da temperatura de Pré-Aquecimento ficou como possível resolução futura.

Ao analisar as temperaturas relativas aos primeiros fabricos da semana, verificou-se que os extratos dos mesmos também se apresentavam valores mais baixos do que o panorama geral da semana. Por conseguinte, observou-se quais os pontos variantes entre os primeiros fabricos da semana e todos os restantes fabricos, chegando-se aos seguintes pontos:

- **Presença de trub**

- **Extrato da água do GIS Tanque**

- **Temperatura das águas de Pré-lavagem/Lavagem**

Deste modo, primeiramente procedeu-se ao estudo do impacto que o trub teria em termos de extrato no fabrico.

Impacto do trub

O trub constitui uma das grandes perdas associadas à fabricação de mosto. A sua perda acontece devido à produção parar no final de cada semana e não haver fabricos posteriores para o inserir. Como não se pode guardar o trub para os fabricos iniciais da semana seguinte, devido a questões organoléticas, o mesmo não é aproveitado e desta forma, o seu extrato é perdido. De maneira a perceber a que quantidade de extrato contém o trub, foi recolhida uma amostra do tanque de trub e analisado o seu extrato.

Procedeu-se à comparação dos extratos dos primeiros dois fabricos da semana (192 e 193, ambos sem trub), com um fabrico a meio da semana (214 com trub). Esta comparação foi feita descontando o valor associado ao extrato do trub, de forma a se poder ter uma comparação mais acertiva do extrato entre os fabricos.

Os dados obtidos relativos aos extratos estão representados na figura 3.21. Os dados que permitiram calcular os valores da figura 3.21 podem ser consultados no anexo 3.

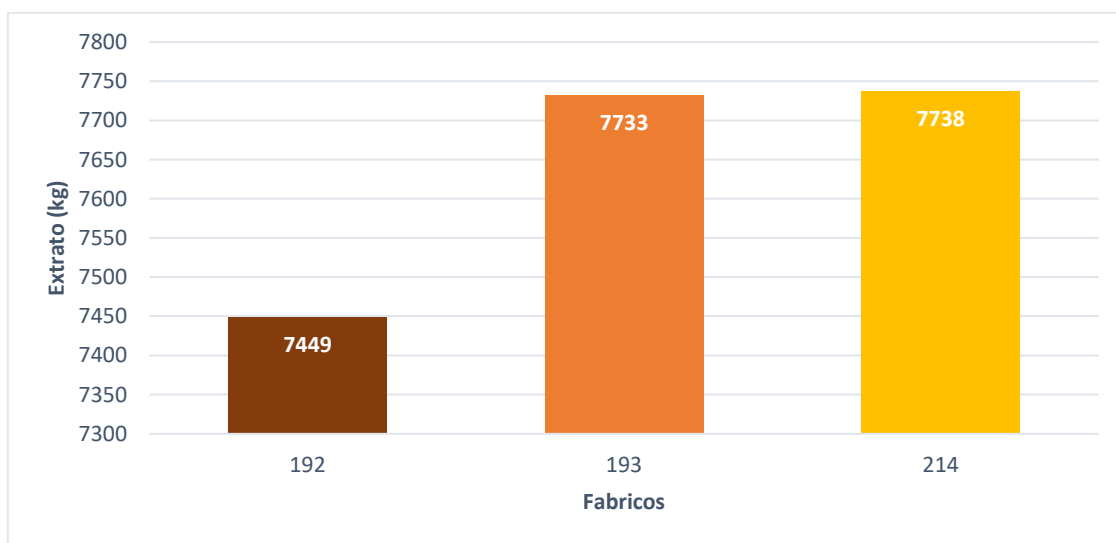


Figura 3.21 - Comparação de extrato entre fabricos sem trub e um fabrico com trub

Por observação da figura 3.21 é possível de se verificar que mesmo descontando o valor relativo ao extrato de trub, o fabrico 214 apresenta um extrato superior aos dois primeiros fabricos semanais, como seria expectável. A diferença entre o fabrico 214 e os dois primeiros fabricos semanais pode ser observada na tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Comparação de extrato entre fabricos descontando o extrato do trub

Fabrico	Extrato sem trub (kg)	Diferença de extrato entre fabricos (kg)
192	7449	289
193	7733	5
214	7738	-

Contudo, como se pode observar na tabela 3.7, a diferença de extrato entre o fabrico 214 e os outros dois fabricos não advém só da ausência de trub, visto que ambos os fabricos apresentam um extrato inferior ao fabrico 214, mesmo não contabilizando o extrato de trub obtido neste fabrico. Desta forma, é passível de se pressupor que não houve só quebra de extrato devido à ausência de trub nos fabricos 192 e 193, mas sim que a quebra pode ser devida a outros fatores que não o trub. Sendo assim, torna-se importante perceber se os outros fatores, temperatura da água de pré-lavagem e lavagem e extrato das águas do GIS tanque, poderão ter impacto nesta quebra.

3.4 Temperatura de Pré-Lavagem e Lavagem inferior ao set-point

Enquadramento

Após a verificação da influência do trub, estudou-se qual o impacto da temperatura das águas de pré-lavagem e lavagem, outro parâmetro que varia dos primeiros fabricos para os restantes semanais. Para isso foram sendo registadas as temperaturas, através do programa *Brewmaxx*, de pré-lavagem e lavagem à medida que as etapas decorriam. Segundo Saldaña *et al.* a temperatura da água tem um impacto relevante na solubilidade dos açúcares. À medida que a temperatura vai aumentando, também a solubilidade vai aumentando com uma tendência exponencial.

Problema

Temperatura da água de pré-lavagem e lavagem nos dois primeiros fabricos inferior ao set-point (78°C).

Objetivo

O objetivo deste estudo passou por tentar perceber qual o impacto da temperatura da água de lavagem no extrato obtido após a produção do mosto.

A tabela 3.8 representa um exemplo da evolução da temperatura ao longo da etapa de pré-lavagem e lavagem e ao longo dos fabricos.

Tabela 3.8 - Variação de Temperatura ao longo das etapas de Pré-Lavagem e Lavagem

Fabrico	Temperatura mínima Pré-Lavagem (°C)	Temperatura fim Pré-Lavagem (°C)	Temperatura inicial Lavagem (°C)	Temperatura meio Lavagem (°C)	Temperatura fim Lavagem (°C)
1º	64,0	67,1	67,1	71,6	78,0
2º	70,0	73,0	73,0	77,2	78,4
3º	71,0	75,0	75,0	77,5	78,4

Por observação da tabela 3.8, verifica-se que no 1º fabrico da semana a temperatura da água de pré-lavagem é de 64°C , aumentando ao longo do tempo até atingir o set-point de 78°C na temperatura final de lavagem.

Para se perceber melhor as causas que possam estar na origem das temperaturas baixas na etapa de lavagem nos primeiros fabricos da semana, elaborou-se um esquema que representa o percurso da água desde o tanque T1 até chegar ao filtro, podendo ser observado na figura 3.22.

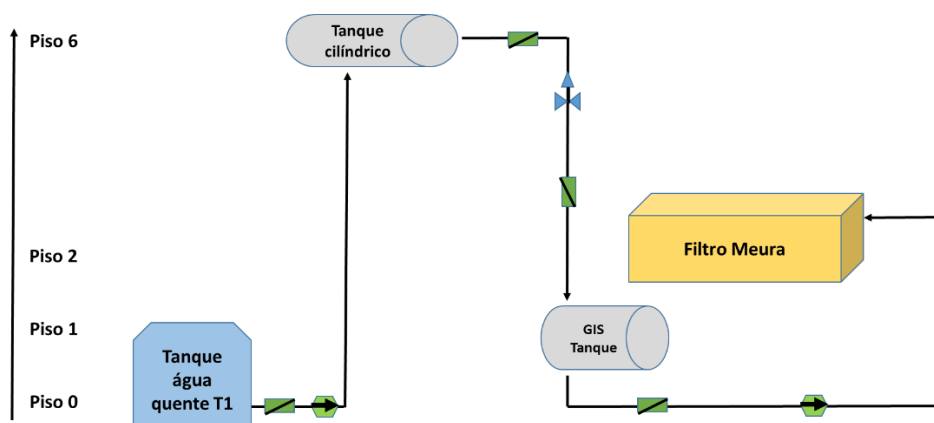


Figura 3.22 - Esquema representativo do percurso da água de lavagem até ao filtro

Apesar da água ser bombeada do Tanque T1 a 78°C, ela chega ao filtro com 64°C. Isto deve-se essencialmente a três fatores:

- **Percurso longo até ao 6º andar** - causa a diminuição da temperatura da água por transferência de calor da água para a tubagem fria;

- **Água do Tanque T1 é misturada com água remanescente nos tanques cilíndricos** - que arrefeceu durante o fim de semana;
- **Tubagem fria** nos primeiros fabricos.

Contudo, para confirmar a tendência de extratos mais baixos nos primeiros fabricos da semana, foi calculada a diferença entre o extrato dos dois primeiros fabricos e a média de cada semana para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março. De forma a se nivelar o extrato dos dois primeiros fabricos com a média geral da semana, visando obter-se uma comparação mais acertada entre os mesmos, foram estudados os fatores que diferenciam os primeiros fabricos dos restantes fabricos semanais. Concluiu-se que os dois fatores são a incorporação do trub (que não acontece nos dois primeiros fabricos semanais) e o reaproveitamento da água com extrato proveniente da etapa da Compressão que é incorporada no GIS Tanque (que não acontece no primeiro fabrico semanal).

Desta forma, os cálculos foram feitos descontando tanto o valor de extrato no trub, como do extrato presente na água do GIS Tanque. O raciocínio seguido foi o explícito abaixo:

- **Extrato 1º Fabrico = Extrato mosto frio**

- **Extrato 2º Fabrico = (Extrato mosto frio – Extrato da água de Compressão do 1º fabrico)**

- **Extrato médio semanal = Extrato mosto frio – (Extrato da água de Compressão + Extrato Trub)**

A quebra de extrato mensal para cada sala, associada às baixas temperaturas de Pré-lavagem e Lavagem foi calculada de acordo com a equação:

$$\frac{\sum \text{Extrato perdido mensal}}{\sum \text{Extrato total mensal}} * 100\%$$

Todos os dados relativos aos cálculos deste estudo, podem ser consultados no Anexo 4.

Análise ao mês de Janeiro

Os resultados relativos à diferença entre os extratos entre a média semanal e os dois primeiros fabricos da semana para o mês de Janeiro na Sala 1 podem ser observados na figura 3.23.

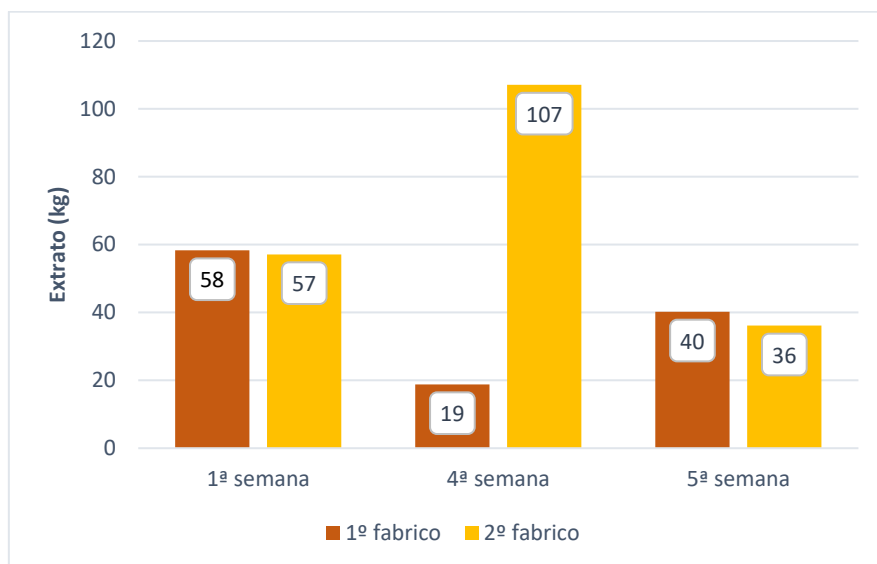


Figura 3.23 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Janeiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1

Como se pode observar na figura 3.23 em todas as semanas do mês de Janeiro, todos os primeiros fabricos apresentaram extratos abaixo da média semanal, sendo que o 2º fabrico da 4ª semana foi o que registou a maior diferença em relação a essa mesma média e o 1º fabrico dessa mesma semana apresentou a menor diferença em termos de extrato.

Não se observa linearidade na diferença de extrato, visto que os valores variam de fabrico para fabrico e de semana para semana. Não obstante, visto que o primeiro fabrico de cada semana apresenta a temperatura mais baixa durante a fase de pré-lavagem e de lavagem, seria expectável que o mesmo correspondesse ao fabrico com menor extrato semanal. Contudo, tal não se observou. Por conseguinte, existem vários fatores que têm influência no extrato produzido, nos quais se enquadram a qualidade e rendimento do malte, a quantidade de material não correspondente a extrato que entra no fabrico, problemas pontuais que possam ocorrer durante o fabrico, a mudança de silo. Deste modo, não é plausível que se obtenha sempre menores extratos no 1º fabrico em relação ao segundo, sendo de maior relevância para o estudo que ambos os dois primeiros fabricos apresentem extratos inferiores à média semanal.

Para a Sala 2, os resultados relativos à diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos podem ser observados na figura 3.24.

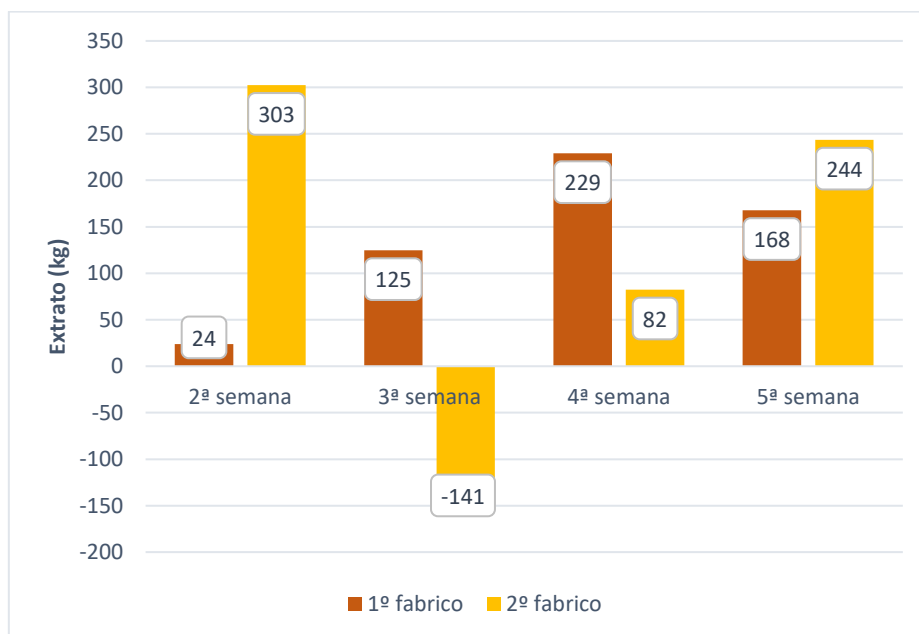


Figura 3.24 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Janeiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2

Como é possível de se observar na figura 3.24 apenas um fabrico em todo o mês de Janeiro na Sala 2 se encontra acima dos valores da média semanal, correspondendo ao 2º fabrico da 3ª semana, apresentando uma diferença de valores negativos, significando que o seu extrato foi superior ao extrato médio semanal. Esta alteração poderá ter a influência de diversos fatores. Um deles é a quantidade de malte presente no silo. Como já foi debatido no estudo anterior, quanto mais nos aproximamos do final do silo, maior a quantidade de palhas e cascas mas, por oposição, nos fabricos correspondentes ao início do silo há obtenção de maior quantidade de extrato, devido à maior abundância de grãos de maiores dimensões. Após feita a pesquisa sobre este fabrico, concluiu-se que este fabrico está associado ao início de um silo de malte, englobando então malte de maiores dimensões e desta forma, com maior quantidade de extrato. Sendo assim, uma das razões para o extrato ser elevado poderá estar relacionada com tal fator. Outro fator implicativo pode estar relacionado com o rendimento das matérias-primas, tanto do malte como da cevada e do griz, que é usualmente variável de silo para silo.

Os valores mínimos e máximos relativos à diferença de extrato entre os primeiros fabricos e a média semanal ocorreram na 1ª semana e foram de 24 kg e 303 kg respectivamente.

Não obstante, foram calculados os valores referentes à quebra de extrato que se deduz poderem estar relacionados com a baixa temperatura durante a pré-lavagem e lavagem para ambas as salas, bem como o custo implicado. Os resultados podem ser verificados na tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Janeiro

Sala 1		Sala 2		Total
Quebra (%)	Perda €	Quebra (%)	Perda €	Perda €
0,0620	113	0,0890	479	592

Por observação da tabela 3.9 podemos verificar que a quebra da Sala 2 durante o mês de Janeiro, foi maior que na Sala 1. No total do mês, a perda associado à diferença de extrato entre os dois primeiros fabricos e a média semanal, foi de 592€.

Análise ao mês de Fevereiro

Para tornar o estudo mais representativo, foi feito o mesmo estudo para o mês de Fevereiro. Os resultados podem ser consultados nas figuras 3.25 e 3.26.

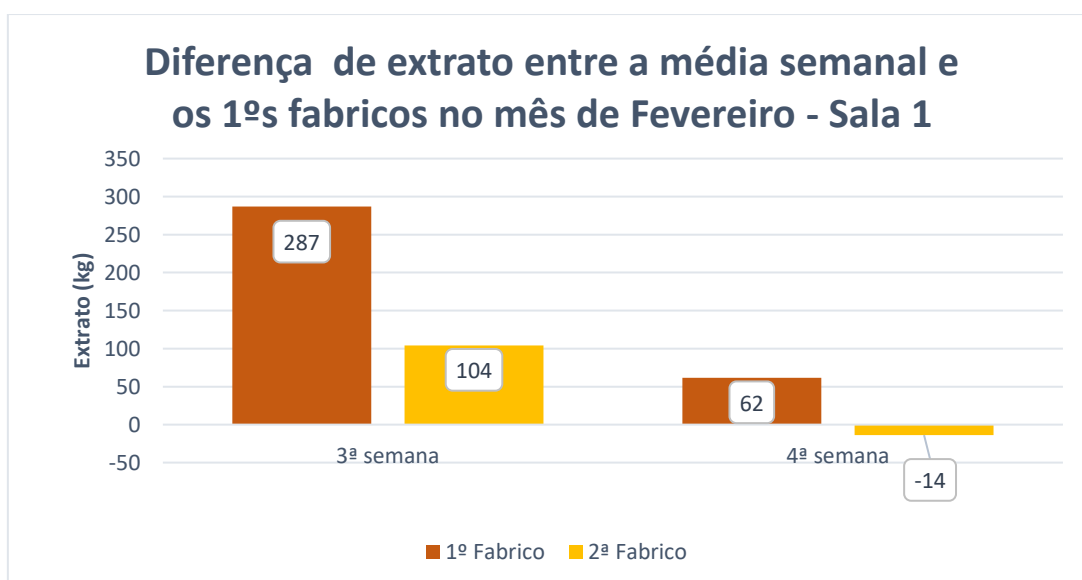


Figura 3.25- Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Fevereiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1

Verificando os resultados da Sala 1, pode-se aferir que apenas um fabrico se encontra acima da média semanal, mais precisamente o 2º fabrico da 4ª semana, apesar de não se afastar muito da média. Os restantes primeiros fabricos da semana encontram-se abaixo da média semanal sendo que apresenta menor extrato, ou seja, maior diferença de extrato com a média semanal é o 1º fabrico da 3ª semana. De realçar que o fabrico que se encontra acima da média semanal, apenas apresenta uma diferença de 14 kg, sendo que os restantes fabricos apresentam diferenças de valores maiores. A figura 3.26 representa os resultados obtidos para a Sala 2.

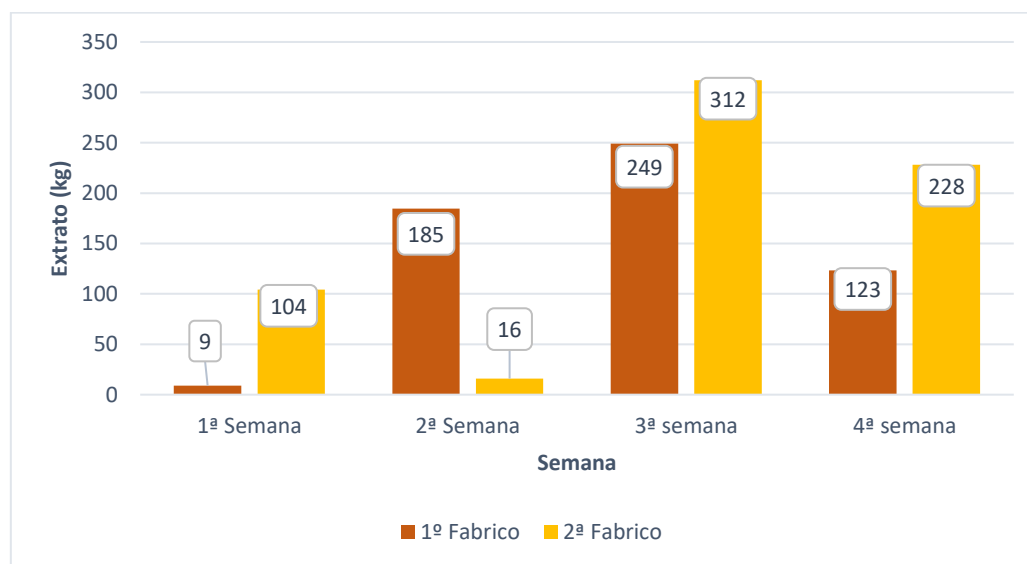


Figura 3.26 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Fevereiro nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2

Para a Sala 2, é de realçar que nenhum dos dois primeiros fabricos se encontra acima da média semanal, apresentando a menor diferença de extrato no 1º fabrico da 1ª semana e a maior diferença de extrato no 2º fabrico da 3ª semana.

Na tabela 3.10 podem ser observadas as perdas correspondentes nos dois primeiros fabricos no mês de Fevereiro para ambas as sala bem como a quebra de extrato associada.

Tabela 3.10 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Fevereiro

Sala 1		Sala 2		Total
Quebra (%)	Perda €	Quebra (%)	Perda €	Perda €
0,151	185	0,0880	448	633

Por observação da tabela 3.10 podemos concluir que a perda monetária na sala 2 foi maior do que na sala 1. Contudo a quebra de extrato foi maior na sala 1 do que na sala 2. A quebra de extrato

ser maior na sala 1 deve-se ao facto de se ter produzido menos mosto nesta sala durante o mês comparativamente à sala 2. No total, a perda monetária em ambas as salas foi de 633€.

Análise ao mês de Março

Por fim, foi feito o mesmo estudo que os anteriores mas para o mês de Março. Os resultados relativos à diferença de extrato entre os dois primeiros fabricos e a média semanal para a Sala 1 podem ser observados na figura 3.27.

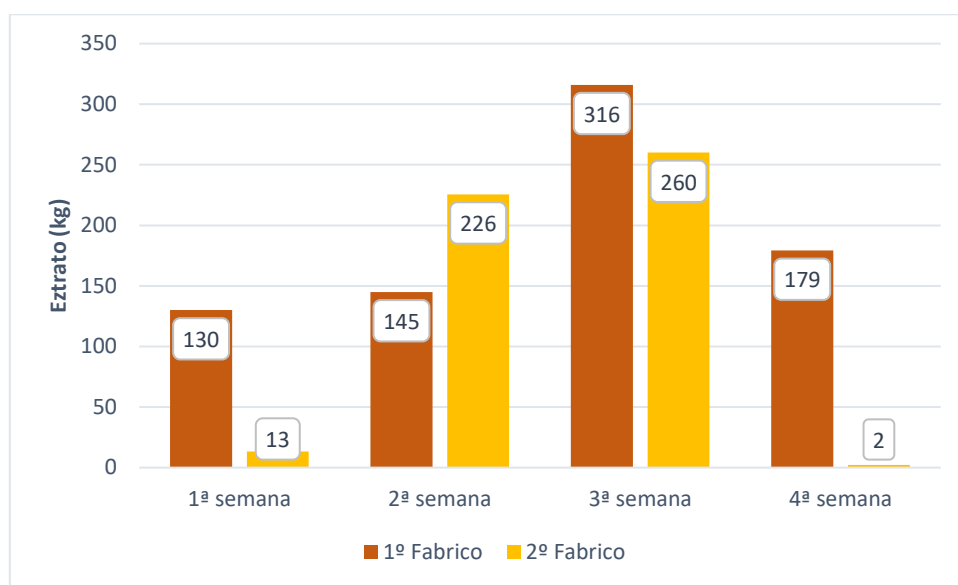


Figura 3.27 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Março nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 1

Por observação da figura 3.27 podemos verificar que todos os dois primeiros fabricos apresentam diferença de extrato em relação à média semanal durante o mês de Março, tomando o maior valor no 1º fabrico da 3ª semana e o menor valor 2º fabrico da 4ª semana.

Para a Sala 2, os resultados podem ser visualizados na figura 3.28.

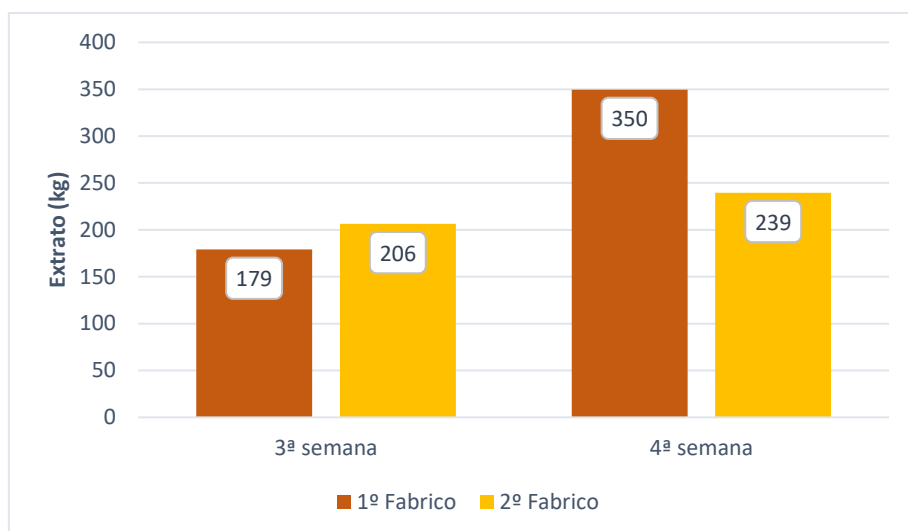


Figura 3.28 - Diferença de extrato entre a média semanal e os dois primeiros fabricos no mês de Março nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem na sala 2

Por observação da figura 3.28 é passível de se verificar que todos os primeiros dois fabricos se encontram acima da média semanal na sala 2 no mês de Março.

O fabrico que revelou maior diferença de extrato foi o 1º fabrico da 4ª semana, enquanto o o 1º fabrico da 3ª semana foi o que revelou a menor diferença.

A tabela 3.11 apresenta os valores de quebra de extrato para o mês de Março em ambas as salas e a perda em euros verificada nas mesmas.

Tabela 3.11 - Quebra de extrato e perda monetária devido às baixas temperaturas nas etapas de Pré-lavagem e Lavagem durante o mês de Março

Sala 1		Sala 2		Total
Quebra (%)	Perda €	Quebra (%)	Perda €	Perda €
0,100	519	0,133	397	916

Observando a tabela 3.11 pode-se afirmar que a quebra de extrato da sala 2 durante as fases de pré-lavagem e lavagem foi superior à da sala 1. Contudo, devido ao facto da sala 1 ter estado a funcionar mais tempo do que a sala 2 durante o mês de Março, apresenta uma perda monetária superior.

A perda calculada em euros relativamente à diferença de extrato entre os dois primeiros fabricos da semana e a média semanal para os três primeiros meses do ano, pode ser observada na figura 3.29.

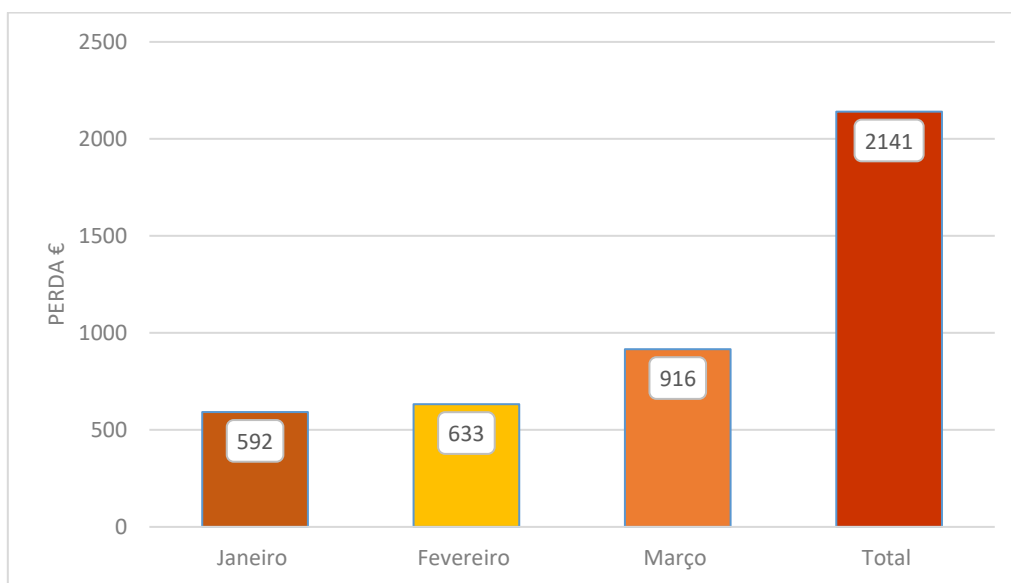


Figura 3.29 - Perda monetária mensal e total associada à baixa temperatura nas etapas da Pré-lavagem e Lavagem

O total de perda durante as fases de pré-lavagem e lavagem durante os três primeiros meses do ano de 2019 foi de cerca de 2141 €. Fazendo uma extrapolação para o ano inteiro, a perda associada a estas duas etapas seria de cerca de 8500 € anuais.

Medidas de resolução / Ações corretivas

A resolução do problema pode ser explicada segundo o esquema da figura 3.30.

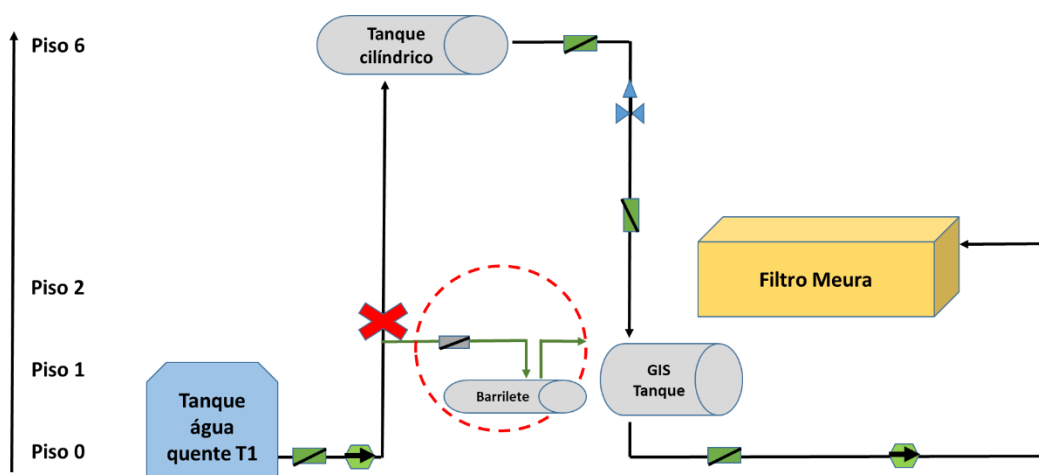


Figura 3.30 - Esquema representativo do percurso da água usada na etapa de lavagem e percurso alternativo ponderado como ação corretiva

Na figura 3.30 temos o esquema representativo do percurso da água quente desde o Tanque de Água quente T1 até ao Filtro Meura durante as fases de pré-lavagem e lavagem. O percurso representado a preto é o percurso real percorrido pela água, enquanto o percurso assinalado a verde e realçado com o círculo a vermelho representa a tubagem, já existente mas não utilizada, que poderia ser usada como possível alternativa ao percurso usado atualmente.

A utilização deste circuito alternativo permite:

- Reduzir o percurso da água e desta forma diminuir a perda de temperatura da água;
- Terminar a funcionalidade dos tanques do 6º andar, não havendo mistura da água quente do Tanque T1 com a água arrefecida dos tanques cilíndricos.

Adoção / Rejeição das Ações Corretivas - Custos

As ações corretivas e seus respectivos custos podem ser observados na figura 3.31.



Figura 3.31 - Ações corretivas e seus custos no âmbito das baixas temperaturas durante a Pré-lavagem e Lavagem

A eliminação do circuito de água até ao 6º andar englobaria corte da tubagem e instalação de um VLT para modelar a pressão, apresentando um custo demasiado elevado para o problema em questão.

Por outro lado, a automatização do circuito de água através do nível do GIS Tanque, seria feito com uma tubagem já existente, passando o circuito da água a ser feito desde do tanque de água T1, até ao barrilete e daí para o GIS Tanque.

Deste modo, a ação corretiva de automatização do circuito de água com o nível do GIS Tanque ficou para resolução futura.

3.5 Sobre-enchimento do tanque de trub

Enquadramento

Após a clarificação do mosto o *trub* é reaproveitado para o tanque de *trub* e re-inserido no fabrico seguinte. O tanque responsável pelo armazenamento de *trub* tende a ficar vazio após a re-incorporação do mesmo. Contudo durante a semana observou-se que o tanque ia ganhando cada vez mais volume de fabrico para fabrico.

Problema

Sobre-enchimento do tanque de *trub* devido a recuperação excessiva de *trub*, obrigando ao envio de trub para o esgoto.

Objetivo

Este estudo teve como objetivo perceber a razão da acumulação de *trub* ao longo da semana, no tanque responsável pelo seu armazenamento.

Na figura 3.32 podemos observar o esquema explicativo de funcionamento da recuperação de *trub* em condições normais, com a sonda calibrada, e com a sonda descalibrada.

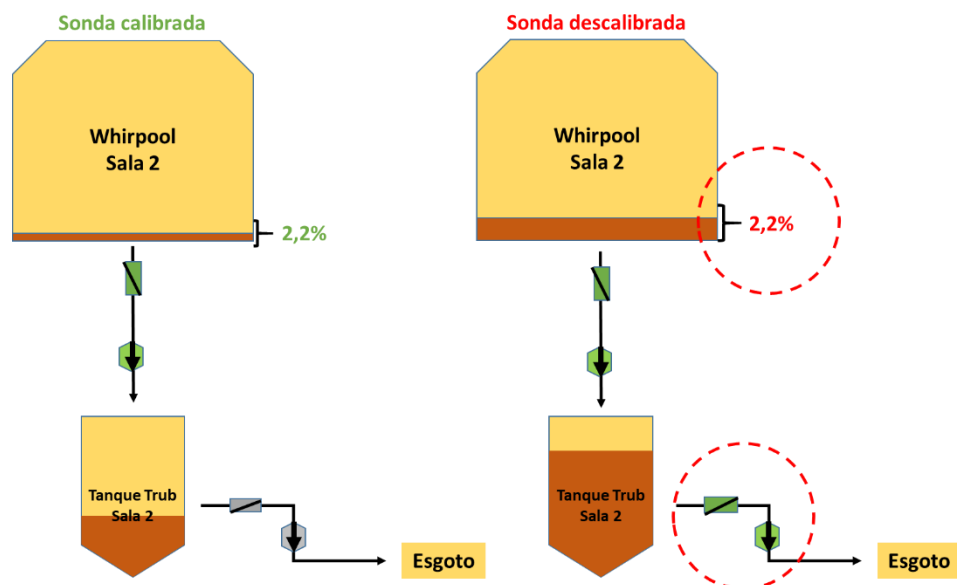


Figura 3.32 - Esquema explicativo do sobre-enchimento do tanque de trub

Quando a sonda de nível baixo do *Whirpool* dá sinal, significa que todo o mosto que estaria presente no equipamento já foi enviado para a fase de arrefecimento do mosto, sobrando apenas o *trub* no *Whirpool*. Desta forma, quando menor for o set-point do nível do tanque, menor será a quantidade de *trub* reaproveitada para o tanque de *trub*.

Ao longo do decorrer da semana, verificou-se que os tanques de *trub* em ambas as salas, não vazavam totalmente após a re-inserção do *trub* na tubagem durante a etapa de filtração. O não vazamento do tanque de *trub* originou acumulação de *trub* no tanque, obrigando consequentemente os operadores a vazarem este mesmo *trub* para o esgoto.

Deste modo, primeiramente, procedeu-se à análise do volume de *trub* que estava a ser re-incorporado nos fabricos. Ponderou-se sobre o volume que estaria a ser inserido no fabrico ser inferior ao normal (aproximadamente 18-22 hL) e desta forma, poder provocar acumulação de *trub* no tanque de *trub*. Contudo, observou-se que os volumes inseridos no fabrico eram coerentes com o expectável e deste modo, não poderia ser essa a razão do sobre-enchimento do tanque.

Desta forma, ponderou-se sobre o volume de *trub* recolhido do *Whirpool* para o tanque de *trub* e se este poderia ser superior ao normal, arrastando consigo algum mosto. Se esse fosse o caso, tal acontecimento poderia estar associado calibração das sondas de nível do *Whirpool*, ficando maior quantidade de resíduo no *Whirpool* após o vazamento do mosto, sendo deste modo reaproveitado maior quantidade de *trub* para o tanque responsável pelo seu armazenamento.

Ao se verificar as sondas, concluiu-se que as mesmas estavam descalibradas.

Medida de Resolução / Ações corretivas

As ações corretivas implementadas podem ser verificadas na tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Ações corretivas adotadas no âmbito do sobre-enchimento do tanque de *trub*

Sala	Ações corretivas		
	Alteração de Set-Point de nível (%)		Substituição / Calibração das sondas
	Antes	Depois	
1	1,7	1,4	Substituição
2	2,2	1,7	Calibração

Pela observação da tabela 3.12 pode-se verificar que o set-point de nível a que o *Whirpool* dá sinal de vazio foi diminuído. Esta alteração foi feita para diminuir a quantidade de *trub*

reaproveitado para o tanque de trub e deste modo, garantir que todo o trub é re-inserido no fabrico seguinte, não ficando acumulado no tanque.

A adoção destas medidas corretivas, permitiu que as sondas ficassem niveladas com a percentagem imposta na receita. Não obstante, a redução da percentagem do nível para considerar o *Whirpool* vazio, também permitiu a diminuição da recuperação de *trub* e por conseguinte, anular a acumulação de *trub* no tanque.

Posteriormente, foram calculadas as quebras de extrato e perdas semanais e anuais, que estão apresentadas na tabela 3.13. Os dados que permitiram obter os resultados da tabela 3.13 podem ser consultados no Anexo 5.

Tabela 3.13 - Quebra de extrato e perda monetária relativa ao sobre-enchimento do tanque de trub

	Sala 1	Sala 2
Frequência de vazamento para esgoto / semana	3	3
Extrato vazado para o esgoto / semana (kg)	252	345
Quebra extrato (%)	0,0750	0,103
Perda semanal (€)	103	141
Perda se fosse anual (€)	10282	14076

Por observação da tabela 3.13 podemos verificar que a quebra de extrato na sala 2 foi superior à quebra na sala 1. Anualmente, este problema poderia corresponder a uma perda monetária de 10282€ e 14076 para a sala 1 e para a sala 2, respetivamente.

Adoção / Rejeição das Ações Corretivas - Custos

As ações corretivas e os seus custos podem ser observadas na figura 3.33.

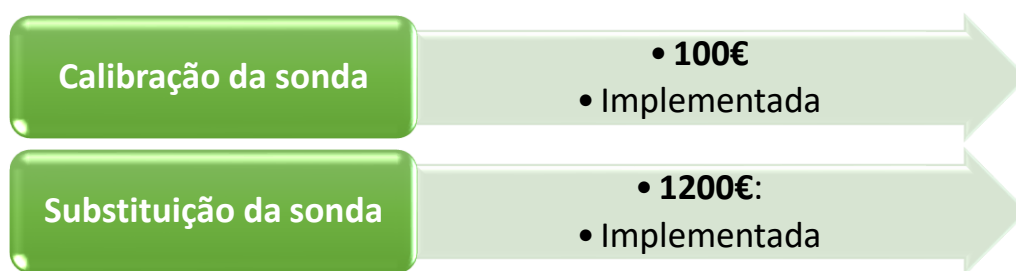


Figura 3.33 - Ações corretivas e seus custos relativos ao sobre-enchimento do tanque de trub

Ao comparar o custo associado de cada ação corretiva apresentado na figura 3.33 com o perda monetária associada ao vazamento de trub para o esgoto, é possível concluir que o custo das ações corretivas é inferior ao benefício da ação. Desta forma, conclui-se que a implementação destas ações foi viável.

3.6 Perda de malte ao longo da transferência para os silos

Enquadramento

Ao longo de uma trasfega de malte da Malteria para a Brassagem, verificou-se que a quantidade de malte que é pesada pela balança da Brassagem seria superior à quantidade de malte inserida no fabrico. Esta diferença de malte corresponde a quebra em termos de matéria-prima e de extrato, tendo elevada relevância a sua minimização.

Problema

Quantidade de malte pesada na balança da Brassagem superior à quantidade de malte inserida nos fabricos ao longo da descarga do silo.

Objetivo

Este estudo teve como objetivo a compreensão da diferença entre a quantidade de malte que é pesado na balança da Brassagem e a quantidade de malte que é inserido nos fabricos ao longo da descarga dos silos.

Na tabela 3.14 está explícita a diferença entre a quantidade de malte que entra e a que sai no silo, bem como a quebra de extrato associada a cada mês.

Tabela 3.14 - Média de malte pesado na balança da Brassagem entre os meses de Janeiro e Junho, média diferencial entre o que foi pesado na balança e o que foi inserido no fabrico e a sua respectiva quebra de extrato

Mês	Média da Transferência (kg)	Média da diferença entre malte pesado e malte que sai do silo (kg)	Quebra de extrato (%)
Janeiro	169214	1550	0,920
Fevereiro	170205	1759	1,03
Março	169401	1526	0,900
Abril	167338	1938	1,16
Maiο	167235	2884	1,72
Junho	168465	2574	1,53

Pela tabela 3.14 podemos verificar que desde Abril que houve um aumento bastante acentuado na diferença entre o malte que entra e o malte que sai no fabrico. Este aumento também tem impacto no aumento da quebra de extrato, que no mês de Maio atingiu o seu valor mais acentuado, de 1,72% de quebra.

Deste modo, torna-se relevante tentar perceber de onde esta quebra poderá advir de forma a tentar minimizá-la. Na tabela 3.14 podem-se observar ainda alguns dados relativos às transferências de malte, nomeadamente a média de malte pesado na balança, a média diferencial entre o que foi pesado e o que realmente entrou no fabrico e o que isso representa em quebra de extrato.

Como é possível de se observar, esta diferença entre o malte pesado e o malte inserido no fabrico, constitui uma quebra significativa e deste modo relevante para o estudo.

Na figura 3.34 pode ser observado o percurso do malte desde os silos da Malteria até à báscula da Brassagem, bem como os principais pontos (assinalados com um círculo a vermelho) que poderão estar na causa raiz deste ponto de quebra.

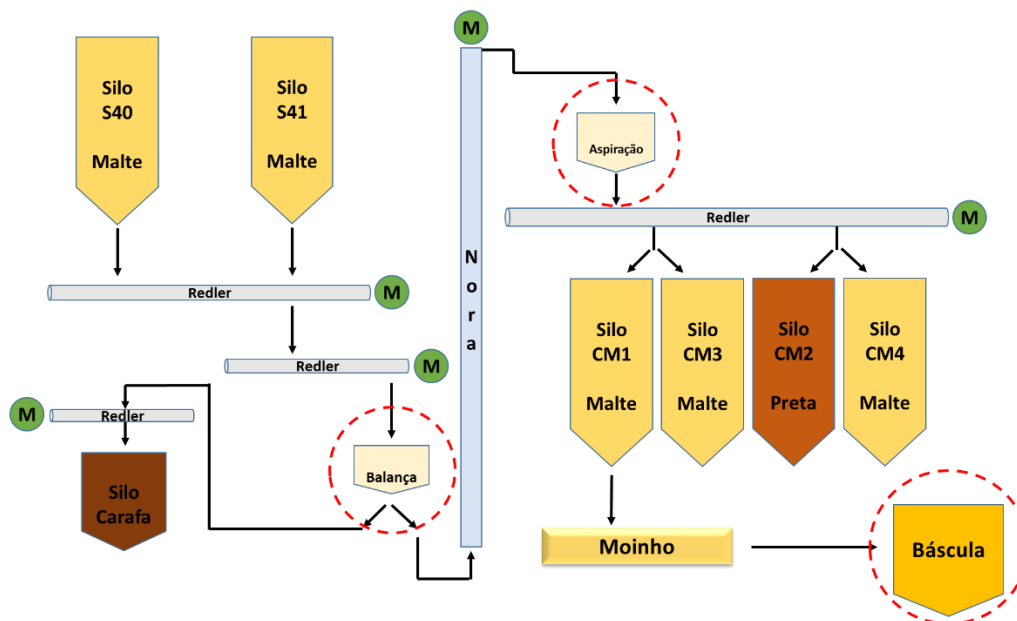


Figura 3.34 - Esquema representativo da transferência de malte desde os silos da malteria até à brassagem, bem como os potenciais pontos de quebra

Estes pontos são:

- O **Sistema de aspiração** - que aspira todo o pó da trasfega
- A **Balança** - responsável por pesar o malte na entrada para a brassagem;
- A **Báscula** - que é responsável por pesar o malte moído pelos moinhos.

Sistema de aspiração de malte

Durante cada trasfega de malte da Malteria até à Brassagem é gerado pó de malte no circuito, que vai sendo aspirado durante essa mesma trasfega. Esse mesmo pó de malte, corresponde a matéria-prima e está implícito na quebra de matéria entre a pesagem da balança e o que entra para os fabricos. Contudo, para se ter uma noção mais aprofundada de quanto pó era gerado e, posteriormente, quanto é que esse pó representaria em termos de quebra de matéria-prima e de extrato, foi feita uma recolha de todo o pó de malte ao longo de uma trasfega de malte desde a Malteria até à Brassagem. Para isso é necessário perceber os dois circuitos de recolha do pó de malte. Na figura 3.35 está explícito o circuito de recolha de pó de malte durante uma trasfega.

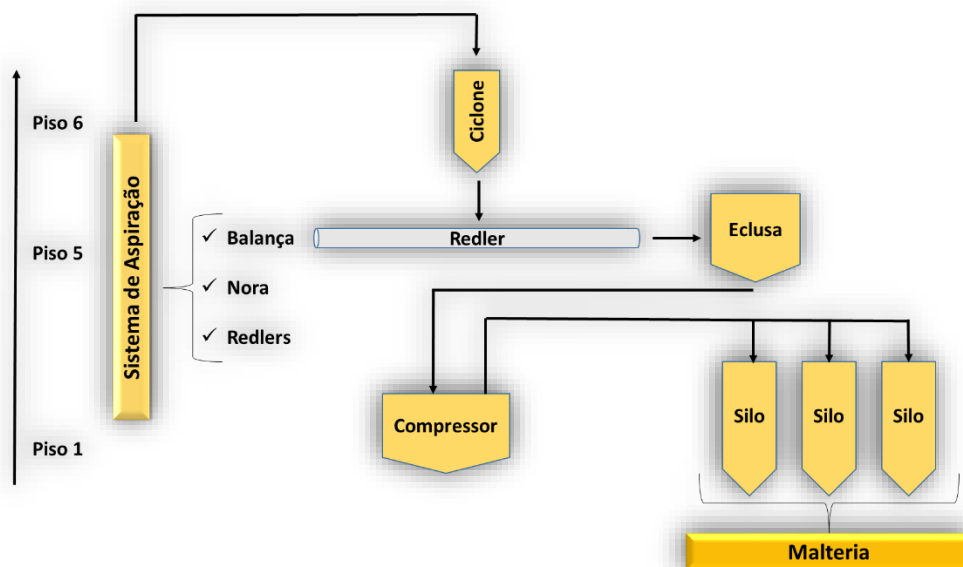


Figura 3.35 - Esquema representativo do circuito do pó de malte desde que é gerado até onde é recolhido (malteria)

O pó de malte gerado numa trasfega, é enviado através do circuito da figura 3.35 para os silos da malteria onde é misturado com as radículas produzidas durante a fase de germinação, sendo posteriormente vendidos.

Na figura 3.36 podemos observar o circuito usado para as limpezas de pó de malte que é libertado pelos equipamentos nas moagens.

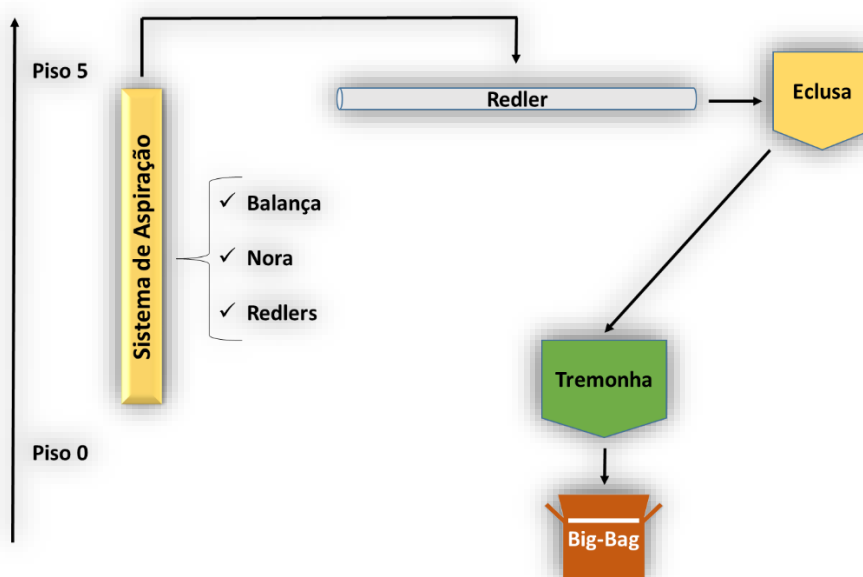


Figura 3.36 - Esquema representativo do percurso usado para limpar o pó de malte remanescente no chão da sala e nos equipamentos

Neste circuito todo o pó é reencaminhado para uma tremonha situada no piso 0 e a recolha do pó é feita para um saco com capacidade para 1000 kg denominado de *Big-Bag*.

Existem, deste modo, dois circuitos de recolha de pó de malte. Contudo, apenas o sistema da Figura 3.36 permite a recolha e contabilização do pó de malte, devido ao facto do circuito da Figura 3.35 ser um circuito fechado sem pontos de recolha. Desta forma, o circuito usado na recolha e contabilização do pó de malte foi o circuito expresso na figura 3.36.

Após recolhido todo o pó de malte durante a trasfega, pesou-se o *Big-Bag* e verificou-se que o pó de malte correspondia a 320 kg. Na tabela 3.15 podem ser observados as quebras de matéria prima e extrato, associadas ao pó de malte, bem como à diferença entre o malte pesado pela balança e o malte que sai dos silos.

Tabela 3.15 - Dados obtidos e relativos à recolha de pó de malte numa trasfega de malte

Silo	CM1
Quantidade de malte transferido (kg)	170775
Diferença entre o malte pesado e o malte que sai do silo (kg)	2231
Quantidade de pó de malte (kg)	320
Quebra de malte total (%)	1,31
Quebra associada ao pó de malte (%)	0,187
Quebra de extrato total fabrico (%)	1,31
Quebra extrato associada ao pó de malte (%)	0,0890

Observando a tabela 3.15 podemos concluir que uma parte da quebra de matéria-prima total (1,31%), já é conhecida e está associada ao pó de malte gerado durante a trasfega com um valor de 0,187% de quebra em matéria-prima.

Balança / Básculas

Descoberta já parte da quebra associada ao malte, foram então estudadas as balanças e básculas. Todas as medições têm um erro associado. Por conseguinte, este erro pode ser ainda maior se a balança estiver descalibrada.

A balança da brassagem está preparada para pesar de 270 em 270 kg, sendo que em cada lote de malte passam pela balança cerca de 170 000 kg de malte. Deste modo, a balança faz em média cerca de 620 balançadas, ou seja, pesa por lote cerca de 620 vezes o malte. Já as básculas, são responsáveis por pesar o malte moído e fazem em média cerca de 23 pesagens por silo até

atingirem o set-point imposto. Se o erro associado for considerável, multiplicando o erro por cada balança, no final, irá-se obter um erro muito elevado.

Desta forma, procedeu-se à calibração das balanças no dia 31 de Maio, com o intuito de verificar se haveria uma diminuição na diferença entre o malte que entra na Brassagem e o malte que sai.

Observando a tabela 3.14 podemos verificar que o mês de Junho apresentou uma média diferencial entre o que entra de malte e o que sai, de 2574 kg de malte. Desta forma, é possível de se verificar que após a calibração da balança houve uma diminuição relativamente pequena, cerca de 300 kg entre o mês de Maio e o mês de Junho.

Contudo, após calibração das balanças, foi possível de perceber quais seriam os erros associados a cada balança e báscula. Estes erros poderão influenciar o cálculo da quebra de extrato caso sejam significativos. Na tabela 3.16 podem ser observados os erros associados à balança e à básculas que pesam o malte.

Tabela 3.16 - Erros associados à pesagem da balança e das básculas da Brassagem, bem como a quebra associada às mesmas

	Balança (malte)	Báscula 1 (malte)	Báscula 2 (malte)
Erro por balança (kg)	0,600	-	-
Erro por fabrico	-	2,00	1,00
Erro por lote (kg)	380	46,0	23,0
Quebra (%)	0,222	0,0270	0,0130
Quebra total (%)	0,242		
Erro total (kg)	403-426		

Observando a tabela 3.16, podemos concluir que 0,242% da quebra associada à diferença entre o malte que entra e o malte que sai da brassagem, é relativa ao erro da pesagem da balança e da báscula. O valor do erro de pesagem da balança e das básculas varia entre 403-426 kg como pode ser visualizado na tabela 19. Comparando este valor com a diferença entre a quantidade de malte pesado e inserido no fabrico entre Maio e Junho (310 kg), verificamos que os valores são próximos um do outro. Desta forma, pode-se pressupor que a diminuição da quebra de matéria-prima em 310 kg, pode ser devida à calibração da balança e das básculas.

Somando a quebra associada ao pó de malte e a quebra associada à descalibração da balança e das básculas podemos concluir que as mesmas têm um impacto relevante na quebra total relativa à transferência de malte para a Brassagem.

Na figura 3.37 estão expressos os valores de quebra de extrato referentes à trasfega de malte na Brassagem.

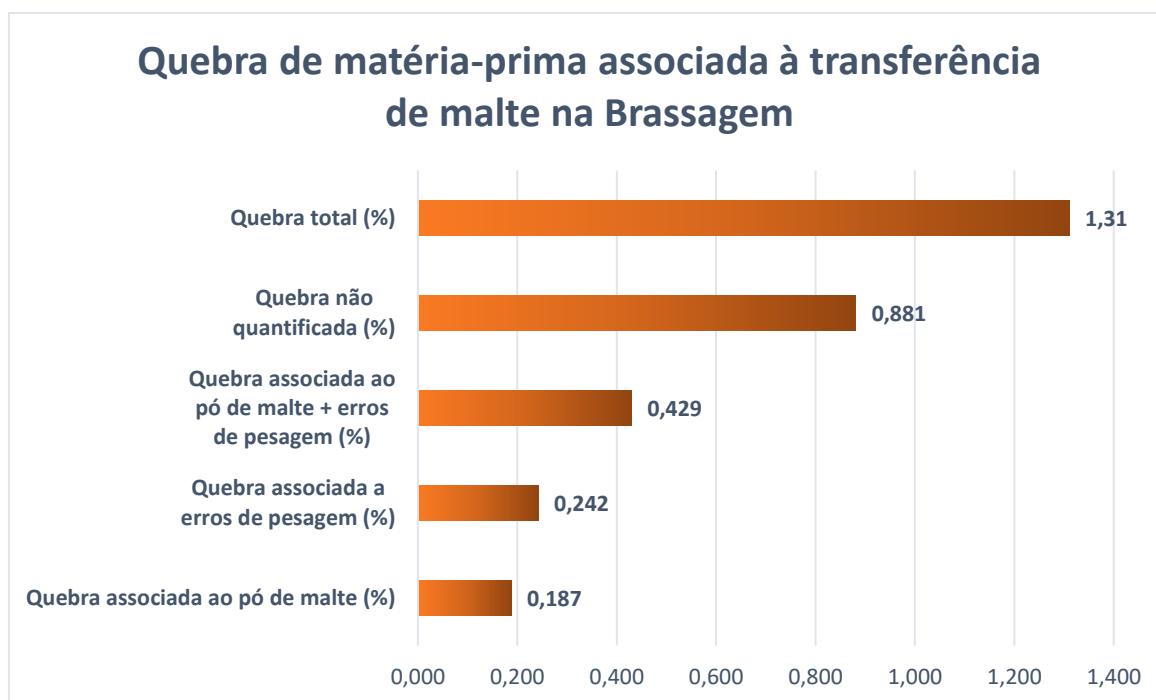


Figura 3.37 - Análise da quebra quantificada e não quantificada de matéria-prima durante a etapa de transferência de malte

Por observação da figura 3.37 podemos verificar que **0,429%**, ou seja, cerca de 1/3 da quebra total (**1,31%**) diz respeito ao pó de malte e aos erros de pesagem da balança e das básculas. Este estudo foi então de elevada relevância pois conseguiu-se compreender que parte da quebra de matéria-prima é reutilizada para venda (pó de malte) e a outra parte é relativa a erros associados à pesagem da balança e das básculas, não constituindo deste modo, quebra real de matéria-prima. Contudo, grande parte da quebra total está ainda por quantificar, correspondendo a um valor de **0,881%**.

Adoção / Rejeição Ações corretivas - Custo

As ações corretivas ponderadas podem ser visualizadas na figura 3.38.

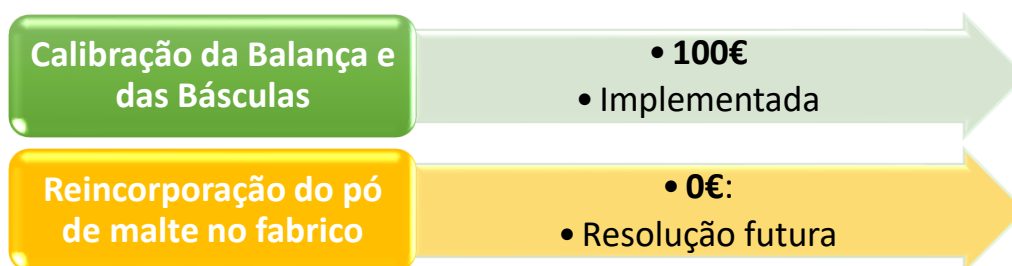


Figura 3.38 - Ações corretivas e seus custos relativos à perda de malte

Deste modo, ambas as ações corretivas foram aprovadas, sendo que uma delas foi implementada e a outra ficou como possível resolução futura. É contudo necessário estudar o impacto ao nível da higiene que teria a reincorporação do pó de malte no fabrico antes de se proceder à ação corretiva em questão.

Após a discussão de todos estes resultados é relevante verificar a progressão da quebra de extrato na área da brassagem ao longo de todo o estágio.

Por fim, verifica-se que a quebra de extrato (tanto para Sagres Branca como na generalidade das cervejas) foi otimizada entre os meses de Janeiro e Julho, mantendo-se inferior à quebra média no ano de 2018, como está explícito na figura 3.39.

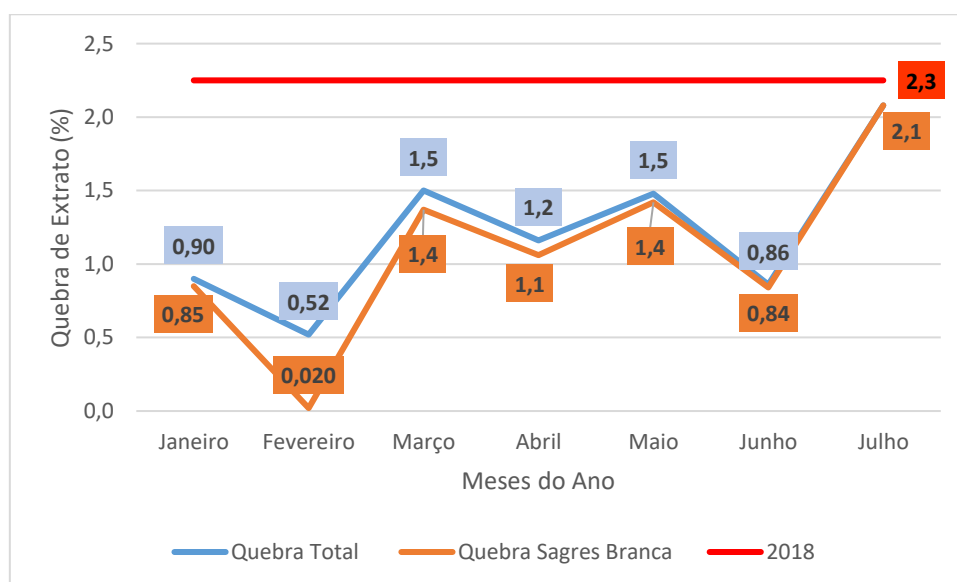


Figura 3.39 - Evolução da Quebra de Extrato na área da Brassagem ao longo do ano de 2019

4 Outros Pontos verificados

4.1 - Temperatura de Doseamento da água do Mechamasher – Identificação do ponto de perda

Enquadramento

Durante o doseamento de água para a caldeira de empastagem, verificou-se que a temperatura da água na sala 1 não se encontrava à mesma temperatura quando comparada com a sala 2. Na sala 2 a temperatura da água doseada apresentava-se a 40°C, chegando aos 43°C (set-point) quando transferida para a caldeira. No entanto, para os fabricos da sala 1, o mechamasher doseava a água à temperatura de 36°C para a caldeira de empastagem, chegando apenas aos 39,8°C. Visto que a temperatura set-point é de 43°C, o sistema de aquecimento de vapor era ligado de forma a se aquecer a caldeira, de forma a elevar a temperatura cerca de 3°C. Esta elevação implica gastos para a empresa em termos de vapor, e são gastos presentes em todos os fabricos de receita Sagres Branca relativos à sala 1.

Problema

Temperatura da água doseada para a caldeira de empastagem da sala 1 inferior ao set-point imposto.

Objetivo

Reduzir o consumo desnecessário de vapor de água usado no aquecimento da caldeira de empastagem da Sala 1.

Cálculo da perda

Desta forma, foram feitos os cálculos relativos ao custo de vapor que era gasto desnecessariamente em cada fabrico para a Sala 1.

Primeiramente foi calculado a energia gasta na elevação de 3°C por fabrico. Para isso foi usada a seguinte equação:

$$Q=m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Q – Calor (Kj)

m – massa de mosto (kg)

c_p – calor específico da água (Kj/kg.°C)

ΔT – Variação de temperatura (°C)

Os resultados da energia calculada podem ser consultados no Anexo 5.

Após o cálculo energético foi possível obter-se o gasto em kg de vapor e desse modo fazer a conversão dessa massa em custo. Os cálculos podem ser consultados em Anexo 5. O custo do vapor em euros por fabrico e anualmente tanto para o ano de 2019 como para 2020, está representado nas figura 4.1 e 4.2. O custo do vapor toma valores diferentes para os anos de 2019 e 2020 devido ao facto do preço do vapor aumentar no ano de 2020.

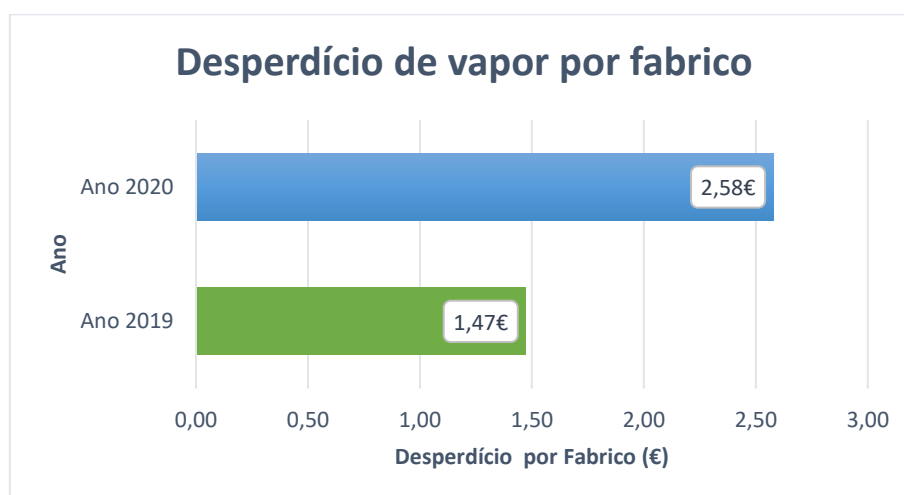


Figura 4.1 - Desperdício de vapor por fabrico

Por observação da figura 4.1 verificamos que a empresa gastava por fabrico 1,47€ em 2019 e gastaria 2,58€ em 2020.

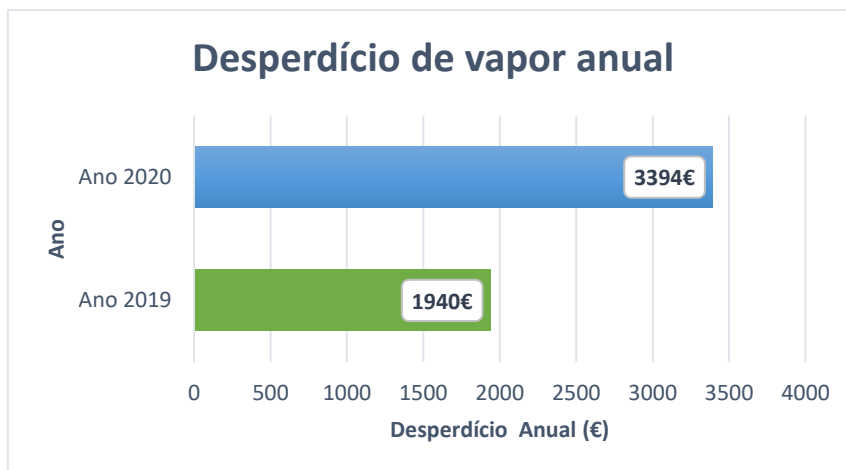


Figura 4.2 - Desperdício de vapor anual

Ao se observar a figura 4.2, verifica-se que a empresa iria gastar anualmente 1940€ no ano de 2019 e 3394€ no ano de 2020.

Medidas de Resolução / Ações corretivas

a) Alteração da temperatura de água doseada pelo Mechamasher.

Em função da perda de vapor existente a medida de resolução seria a alteração dos valores da temperatura da água doseada pelo Mechamasher de 36°C para 40°C. Deste modo, a água ao ser doseada a 40°C atinge os 43°C na Caldeira de Empastagem não sendo necessário a entrada de vapor para esta fase da empastagem.

Assim seria possível a empresa poupar os valores expressos na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Poupança anual em vapor após ação corretiva

Poupança anual	
2019	2020
1940 €	3394 €

Custo associado

O custo associado à ação corretiva foi de 0 euros, isto devido ao facto de se deprender apenas com a alteração da receita.

Adoção/Rejeição da ação corretiva

A ação corretiva foi, deste modo, adotada devido ao benefício compensar o custo, que neste caso foi nulo.

5 Conclusões

Ao longo do presente trabalho foram analisados diferentes pontos de quebra de extrato na área da Brassagem. Alguns destes pontos de quebra revelaram ser inerentes aos equipamentos e ao processo presente na SCC, não podendo ser otimizados. Concluiu-se que a perda de trub nos dois últimos fabricos semanais é algo inerente ao equipamento e ao processo, não se podendo guardá-lo devido a questões organoléticas e não se podendo incorporar uma maior quantidade de trub nos últimos fabricos devido ao mesmo causar turvação na cerveja e interferir com a fermentação. Por outro lado, alguns dos pontos estudados foram passíveis de serem otimizados ou de se propor resoluções futuras de otimização dos mesmos.

No âmbito do choque térmico nos primeiros fabricos da semana, verificou-se que a diferença entre a temperatura do filtro e o empaste é suficiente para causar choque térmico nas placas do filtro. Pensa-se que o aumento da temperatura de Pré-Aquecimento seria uma boa ação para prevenir a ocorrência de choque térmico nas placas do filtro nos primeiros fabricos da semana e que a instalação de um permutador de calor não é exequível devido ao seu elevado preço e risco de contaminação da água a temperaturas elevadas durante o fim de semana.

É possível concluir que a friabilidade do grão de malte não exhibe grandes variações da etapa de enchimento do silo para a etapa de descarga do silo. Contudo, a granulometria do grão é variável e apresenta menores valores no final da descarga do silo comparativamente ao início da descarga e ao enchimento do silo, podendo-se pressupor que tal será devido a uma maior abundância de grãos de maiores dimensões no início da descarga por ação gravitacional. Não obstante, esta variação é acompanhada por uma diminuição de rendimento no final da descarga do silo, ajudando à confirmação do raciocínio. Verificou-se que misturar o malte de dois silos poderia ajudar a nivelar os extratos mais baixos do malte nos últimos fabricos de silo, ao invés da instalação de um S-Loader que se apresentou demasiado dispendioso.

Observou-se que os parâmetros de nível do tanque do filtro estariam desajustados ao seu caudal e ao funcionamento das suas bombas e válvulas responsáveis pelo vazamento do mosto. Por conseguinte, um ajuste de 80% para 20% na sala 2 e de 37% para 76% do nível de tanque demonstrou ser bem-sucedido.

Relativamente às baixas temperaturas durante as etapas de Pré-lavagem e Lavagem nos dois primeiros fabricos, foi possível de se verificar que as mesmas têm um impacto significativo na quebra de extrato. Concluiu-se que automatizar as bombas responsáveis pelo doseamento de água a trabalhar segundo o nível do GIS Tanque poderia ser uma alternativa rentável e uma boa resolução futura deste ponto de quebra, enquanto a eliminação do circuito de água até ao 6º andar por corte de tubagem, e instalação de um VLT seria demasiado dispendioso.

Foi possível chegar á conclusão que o sobre-enchimento dos tanques de trub de ambas as salas se deveria ao mau funcionamento das sondas de nível do Whirpool e que a substituição da sonda de nível para a sala 1 e a calibração da sonda de nível para a sala 2 corrigiram o problema em questão.

Por fim, apesar da quebra de malte contabilizada ser cerca de 1,31%, concluiu-se que cerca de 0,429% da mesma, se deve a erros associados à pesagem da balança e das básculas da área da Brassagem e ao pó de malte gerado durante a trasfega que não é re-incorporado nos fabricos.

Como propostas futuras ficam, deste modo, a mistura de malte entre dois silos quando um deles estiver a chegar ao fim, a elevação da temperatura de Pré-Aquecimento do filtro, a automatização das bombas responsáveis pelo doseamento da água segundo o nível do GIS Tanque e por fim a reincorporação do pó de malte nos fabricos.

Bibliografia

- Almaguer, C., Schonberger, C., Gastl, M., Arendt, E. K., & Becker, T. (2014). *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. *Institute of Brewing and Distilling*, 292: 306-307.
- Analytica. (1998). *EBC of the European Brewery Convention (EBC) Method 4.22 (Sieving Test for Malt)*.
- Analytica. (2016). *EBC of the European Brewery Convention, Method 4.15 (Friability, Glassy Corns and Unmodified Grains of Malt by Friabilimeter)*.
- Araújo, S. R. (2013). Otimização do Processo de Produção de Mosto. Dissertação de mestrado em Engenharia Biológica. *Universidade do Minho*, p. 36, 38-39.
- Ayabe, T., Ohya, R., Taniguchi, Y., Shindo, K., Kondo, K., & Ano, Y. (2018). Matured Hop-Derived Bitter Components in Beer Improve Hippocampus-Dependent Memory Through Activation of the Vagus Nerve. *Scientific Reports*, 8(1): 15372.
- Bamforth, C. W. (2001). pH in Brewing: An Overview. *Technical Quarterly*, 38(1): 1-9.
- Bathgate, G. N. (1983). The relationship between malt friability and wort viscosity. *Journal of the Institute of Brewing*, 89: 416-419.
- Becraft, P. W., & Yi, G. (2011). Regulation of aleurone development in cereal grains. *Journal of Experimental Botany*, 62(5): 1669-75.
- Boulton, C., & Quain, D. (2006). The brewing process. In C. Boulton, & D. Quain (eds), *Brewing Yeast and Fermentation* (p. 30). Oxford: Blackwell Science.
- Brewmaxx [Computer software]. ProLeiT, Herzogenaurach, Germany. (2008); Software disponível em: <https://www.proleit.com>.
- Buhler Ltd. (2019). *Buhler S-Loader. Gentle malt storage*.
- Buttrick, P. (2013). Water for Brewing. *Brewer & Distiller International*, p. 11-15
- Central Cervejas e Bebidas. (2017). *Fabricação Malte e Cerveja*. <http://www.centralcervejas.pt>
Consultado a: 10-05-2019
- Central Cervejas e Bebidas. (2019). *Sobre Nós: Central Cervejas e Bebidas*.
<http://www.centralcervejas.pt/pt.aspx> , Consultado a: 21-07-2019
- Contreras-Jiménez, B., Real, A. D., Millan-Malo, B. M., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical changes in barley starch during malting.. *Journal of the Institute of Brewing*, 125(1): 10-17
- Eblinger, H. M. (2009). *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. In H. M. Eßlinger (ed), Weinheim: Wiley- VCH Verlag GmbH, p 177-179.
- Eumann, M., & Schaeberle, C. (2016). Water. In C. W. Bamforth (ed.), *Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence* (p. 97-111), Academic Press.
- FAO. (2009). Barley Malt Beer., *Agribusiness Handbook* (p. 7), Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Farzaneh, V., Ghodsvai, A., Bakhshabadi, H., & Zare, Z. (2017). The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94: 663-668.
- Fox, G. P. (2010). Chemical Composition in Barley Grains and Malt Quality. In G. Zhang , & C. Li, *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality* (p. 68-75, 80-81). Toowoomba: Springer.
- GCB. (2016). The General Certificate in Brewing. *Institute of Brewing and Distilling*. www.brilliantbeer-gcb.com, Consultado a: 24-05-2019
- Gorzolka, K., Kolling, J., Nattkemper, T. W., & Niehaus, K. (2016). Spatio-Temporal Metabolite Profiling of the Barley Germination Process by MALDI MS Imaging. *Plos one*, 2.
- Heineken.(2019).*Brands:TheHeinekenCompany*.<https://www.theheinekencompany.com/Brands/Heineken>. Consultado a: 23-07-2019
- Heineken Supply Chain . (2011). *Raw Materials - Extract Content - Congress Mash - Saccharification Time*.
- Heineken Supply Chain. (2017). *User Manual Extract Loss Benchmark Model*.
- IBD. (2019). *Diploma in Brewing I - Malt Processing, Milling, Mashing and Wort Separation*.
- Jonkova, G., & Surleva, A. (2013). Impact of Polysaccharides of malt on filterability of beer and possibilities for their reduction by enzymatic additives . *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 48(3): 234-240.
- Kok, Y. J., Ye, L., Muller, J., Ow, D. S.-W., & Bi, X. (2018). Brewing with malted barley or raw barley: what makes the difference? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103: 1060-1065.
- Kreisz, S. (2009). Malting. In H. M. Eblinger, *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets* (p. 152-154). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH.
- Krottenthaler, M., & Glas, K. (2009). Brew Water. In H. M. Eblinger, *Handbook of Brewing* (p. 105). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH.
- Learn to Brew. (2019). *Beer Calculations - Learn to Brew*. <http://www.learntobrew.com/beer-calculations/> Consultado a: 24-07-2019
- da Costa, M. I. R. (2014). Implementação e Validação da nova sala de brassagem. Dissertação em Engenharia Alimentar. Universidade de Lisboa. p. 18-19
- Merchant, J. (2019). *Omega Engineering Inc*. <https://www.omega.com/en-us/resources/infrared-temperature-measurement-theory-application> Consultado a: 23-07-2019
- Meura. (2012). Mash Filter Meura 2001 Hybrid Instructions Manual. *Meura*, 14-43, 59-76, 132-133.
- Montanari, L., Floridi, S., Marconi, O., Tironzelli, M., & Fantozzi, P. (2005). Effect of mashing procedures on brewing. *European Food Research and Technology*, 221: 175-179.
- Moura, F. P., & Mathias, T. R. (2018). A Comparative Study of Dry and Wet Milling of Barley Malt and Its Influence on Granulometry and Wort Composition. *Beverages*, 4: 51.

- Mulder, C. J. (2005). Malts and Malting. In Kirk-Othmer (ed.), *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (p. 2-4).
- Novozymes. (2013). *Brewing Handbook*. Novoenzymes Food & Beverages. Rethink Tomorrow
- Oser, H. H. (2015). Producing quality barley for the malting industry . Doctor Dissertation in Plant Health: University of Nebraska - Lincoln, Nebraska. p. 12-16
- ProLeit. (2019). *brewmaxx: the industry solution for breweries*. site: Consultado a 10-06-2019
- Roustan, V., Roustan, P.-J., Weidinger, M., Reipert, S., Kapusi, E., Shabrangy, A., . Ibl, V. (2018). Microscopic and Proteomic Analysis of Dissected Developing Barley Endosperm Layers Reveals the Starchy Endosperm as Prominent Storage Tissue for ER-Derived Hordeins Alongside the Accumulation of Barley Protein Disulfide Isomerase (HvPDIL1-1). *Frontiers in Plant Science*, 9:1248
- Saldaña, M. D., Alvarez, V. H., & Haldar, A. (2012). Solubility and physical properties of sugars in pressurized water. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 55: 115 - 223.
- Saleem, M., Shahin, M., Srinivas, B., & Begum, A. (2014). Evaluation of Tablets by Friability Apparatus. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry* 4(4): 837-840.
- Silva, J. P. (2017). Mapeamento do fluxo de vapor.
- Skendi, A., & Papageorgiou, M. (2018). Influence of Kilning Temperature on chemical composition of a greek malt and it's wort properties. *Millenium*, 2(7): 49-58.
- Somsen, D. (2004). *Production yield analysis in food processing - Aplicacions in the French-fries and the poultry-processing industries*. Doctor Dissertation. Wageningen: Wageningen University. p. 8,11
- Sondalini, M. (2019).: Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis www.lifetime-reliability.com, Consultado a: 13-07-2019
- Willaert, R. (2006). The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation. In N. Sinha, *Handbook of Food Products Manufacturing* (p. 452, 455-456). Bruxelas: Wiley-Interscience.

Anexos

Anexo 1 - Análise à Friabilidade, Granulometria e Rendimento do Malte (Silos CM1 e CM4)

Tabela A1.1 - Dados de Friabilidade, Granulometria e Rendimento no CM1

	Fase da recolha	Fabrico	Silo	Friabilidade (%)	Grãos não modificados (%)	Grão > 2,8 + 2,5 (%)	Grão < 2,2 mm (%)	Rendimento (%)
Enchimento do silo	Início	179	CM1	94,2	0,520	92,6	1,34	82,1
	Meio	183	CM1	93,3	0,420	92,8	1,43	81,8
	Fim	192	CM1	93,2	0,760	92,8	1,18	81,8
Descarga do silo	Início	179	CM1	93,5	0,540	93,7	0,93	82,3
	Meio	183	CM1	92,8	0,300	93,6	1,08	82,2
	Fim	192	CM1	94,4	0,400	88,6	5,41	80,2
Moagem	Início	179	CM1	-	-	-	-	81,9
	Meio	183	CM1	-	-	-	-	81,9
	Fim	192	CM1	-	-	-	-	80,8

Tabela A1.2 - Dados de Granulometria e Rendimento no CM1

Fase de transferência	Fase da recolha	Fabrico	Silo	Grão > 2,8 mm (g)	Grão > 2,5 mm (g)	Grão > 2,2 mm (g)	Grão < 2,2 mm (%)	Grão Partido (g)	Corpos estranhos + palhas (g)
Enchimento do silo	Início	179	CM1	74,32	18,27	4,83	1,34	1,64	0,050
	Meio	183	CM1	74,87	17,95	4,38	1,43	1,57	0,27
	Fim	192	CM1	75,72	17,12	4,38	1,18	1,51	0,35
Descarga do silo	Início	179	CM1	76,23	17,5	4,6	0,93	1,03	0,040
	Meio	183	CM1	76,34	17,25	4,07	1,08	1,34	0,20
	Fim	192	CM1	70,76	17,84	4,39	5,41	1,85	0,14

Tabela A1.3 - Dados de Granulometria e Rendimento no CM4

Fase de transferência	Fase da recolha	Fabrico	Silo	Grão > 2,8 mm (g)	Grão > 2,5 mm (g)	Grão > 2,2 mm (g)	Grão < 2,2 mm (%)	Grão Partido (g)	Corpos estranhos + palhas (g)	Rendimento
Descarga do silo	Média descarga	Laboratório	CM4	79,06	16,38	3,32	0,52	-	-	82,0
	Início	1º		78,83	16,19	3,07	0,75	0,90	0,67	82,0
	Meio	10º		76,08	18,18	3,72	0,80	0,88	0,71	81,7
	Fim	20º		72,80	19,10	4,17	1,68	1,69	0,97	81,6
	Início	21º		72,72	18,76	4,86	1,52	1,38	1,18	81,2
	Meio	22º		75,14	16,76	4,75	1,60	1,26	0,93	81,2
	Fim	23º		74,95	17,81	4,10	0,98	1,26	1,23	81,2

Anexo 2 – Perda de mosto pelo tubo ladrão do filtro

Tabela A2.1 - Dados relativos ao extrato de mosto perdido pelo tubo ladrão

Extrato (ºPlato)	SG	Volume perdido (L)	Massa de mosto perdida (Kg)	Extrato perdido (Kg)	Extrato anual perdido (ton)	Quebra (%)	Desperdício (euros)
23,05	1,0922	10	10,9	2,52	6,41	0,0191	2616
23,05	1,0922	15	16,4	3,78	9,62	0,0286	3924
23,05	1,0922	20	21,8	5,04	12,8	0,0381	5232
23,05	1,0922	25	27,3	6,29	16,0	0,0477	6540

Anexo 3 – Impacto do extrato de trub

Tabela A3.1 - Comparação de extrato de filtração entre fabricos com e sem trub

Fabrico	Matéria	ºP	SG	Volume Filtrado (L)	Massa filtrada (kg)	Extrato (kg)	Extrato sem o trub (kg)	Perda de extrato (kg)
192	Mosto	23,63	1,095	28800	31522	7449	7449	289
193	Mosto	23,27	1,093	30400	33230	7733	7733	5
214	Mosto	23,27	1,093	31000	33885	7885	7738	-
214	Trub	7,5375	1,030	1900	1957	148	-	-

Tabela A3.2 - Extrato de trub referente ao fabrico 214

Fabrico	ºP(Trub)	SG	Volume trub (L)	Massa (Kg)	Extrato (Kg)
214	7,54	1,03015	1900	1957	148

Anexo 4 - Temperatura de Pré-lavagem e Lavagem inferior ao set-point

Tabela A4.1 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (1ª semana de Janeiro)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
1	1	51	0,024	1,00010	1,22	15,43	632	1,06171	10358	84	10358	10416
2		52	0,350	1,00140	18,25	15,26	640	1,06106	10359		10359	
3		52	0,310	1,00124	16,12	15,38	637	1,06151	10395		10310	
4		52	0,350	1,00140	18,25	15,37	631	1,06147	10297		10194	
5		51	0,554	1,00222	28,34	15,52	631	1,06207	10393		10293	
6		51	0,228	1,00091	11,64	15,86	626	1,06343	10554		10451	
7		51	0,179	1,00072	9,14	15,67	635	1,06267	10569		10457	
8		52	0,138	1,00055	7,19	15,54	629	1,06218	10387		10292	
9		52	0,097	1,00039	5,07	15,55	630	1,06219	10409		10316	
10		52	0,081	1,00032	4,22	15,54	631	1,06217	10415		10324	
11		52	0,040	1,00016	2,10	15,62	632	1,06248	10492		10403	
12		52	0,073	1,00029	3,80	15,41	650	1,06163	10625		10537	
13		52	0,065	1,00026	3,37	15,74	629	1,06297	10533		10447	
14		52	0,065	1,00026	3,37	15,75	632	1,06299	10570		10483	
15		52	0,073	1,00029	3,80	15,73	633	1,06294	10582		10495	
16		51	0,073	1,00029	3,72	15,74	632	1,06296	10575		10488	
17		52	0,081	1,00032	4,22	15,76	629	1,06304	10535		10448	
18		52	0,040	1,00016	2,10	15,80	631	1,06322	10606		10519	
19		51	0,097	1,00039	4,97	15,67	637	1,06267	10600		10511	
20		52	0,081	1,00032	4,22	15,67	637	1,06270	10614		10528	
21		51	0,220	1,00088	11,22	15,83	631	1,06332	10615		10526	

Tabela A4.2 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (2ª semana de Janeiro)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (ºP)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (ºP)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
22	2	50	0,000	1,00000	0,00	15,55	626	1,06220	10339	115	10339	10363
23		51	3,617	1,01447	187,11	15,13	627	1,06052	10060		10060	
24		51	2,391	1,00956	123,09	15,41	628	1,06163	10271		10156	
25		50	0,083	1,00033	4,13	15,63	623	1,06253	10352		10050	
26		51	0,159	1,00063	8,10	15,34	627	1,06137	10204		9965	
27		51	0,040	1,00016	2,05	15,47	629	1,06190	10338		10219	
28		51	0,000	1,00000	0,00	15,59	628	1,06236	10397		10274	
29		51	0,000	1,00000	0,00	15,71	628	1,06283	10480		10362	
30		51	0,023	1,00009	1,19	15,75	624	1,06301	10443		10328	
31		51	0,006	1,00003	0,33	15,70	629	1,06282	10506		10391	
32		50	0,000	1,00000	0,00	15,71	631	1,06284	10530		10413	
33		51	0,091	1,00036	4,64	15,72	632	1,06287	10565		10450	
34		51	0,032	1,00013	1,62	15,73	633	1,06290	10581		10466	
35		51	0,032	1,00013	1,62	15,75	633	1,06299	10596		10477	
36		51	0,006	1,00003	0,33	15,75	634	1,06300	10613		10496	
37		51	0,000	1,00000	0,00	15,72	632	1,06288	10561		10444	
38		51	0,066	1,00026	3,35	15,84	628	1,06336	10582		10467	
39		50	0,040	1,00016	2,01	15,86	627	1,06345	10577		10462	
40		51	0,006	1,00003	0,33	15,76	631	1,06303	10573		10455	
41		51	0,000	1,00000	0,00	15,67	635	1,06267	10569		10452	
42		51	0,006	1,00003	0,33	15,67	633	1,06269	10547		10432	
43		50	0,023	1,00009	1,17	15,75	624	1,06301	10446		10331	
44		51	0,000	1,00000	0,00	15,74	635	1,06297	10618		10502	
45		50	0,000	1,00000	0,00	15,74	634	1,06295	10604		10488	
46		51	0,049	1,00019	2,49	15,71	626	1,06282	10446		10331	
47		51	0,074	1,00030	3,78	15,86	625	1,06345	10544		10429	
48		50	0,000	1,00000	0,00	16,00	609	1,06400	10374		10256	
49		51	0,000	1,00000	0,00	15,84	629	1,06335	10599		10481	
50		51	0,000	1,00000	0,00	15,86	626	1,06345	10567		10452	
51		50	0,000	1,00000	0,00	15,82	628	1,06327	10566		10451	

Tabela A4.3 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Janeiro)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
54	2	51	1,435	1,00574	73,62	15,42	620	1,06169	10156	115	10156	10281
55		51	0,000	1,00000	0,00	15,72	628	1,06288	10496		10422	
56		51	0,083	1,00033	4,21	15,84	626	1,06335	10538		10350	
57		51	0,040	1,00016	2,05	15,87	627	1,06347	10585		10470	
58		51	0,006	1,00003	0,33	15,88	624	1,06351	10541		10422	
59		51	0,000	1,00000	0,00	15,90	626	1,06359	10581		10464	
60		50	0,000	1,00000	0,00	15,87	624	1,06349	10534		10419	
61		50	0,006	1,00003	0,32	15,83	627	1,06333	10551		10436	
62		51	0,006	1,00003	0,33	15,84	624	1,06337	10517		10402	
63		51	0,006	1,00003	0,33	15,62	627	1,06247	10397		10282	
64		50	0,032	1,00013	1,59	15,61	629	1,06246	10428		10313	
65		51	0,049	1,00019	2,49	15,45	628	1,06178	10296		10180	
66		50	0,962	1,00385	48,28	15,21	624	1,06083	10067		9950	
67		50	0,083	1,00033	4,13	15,63	626	1,06253	10395		10278	
68		50	0,446	1,00178	22,34	15,95	626	1,06378	10622		10459	
69		50	1,478	1,00591	74,31	14,79	625	1,05916	9793		9674	
70		50	1,292	1,00517	64,91	14,72	630	1,05887	9824		9687	
71		50	1,190	1,00476	59,79	14,69	626	1,05876	9736		9547	
72		50	0,218	1,00087	10,90	16,27	639	1,06509	11074		10894	
73		51	0,133	1,00053	6,80	15,68	638	1,06274	10631		10457	
74		50	0,235	1,00094	11,75	15,73	634	1,06293	10605		10479	
75		51	0,066	1,00026	3,35	15,72	637	1,06289	10648		10527	
76		51	0,023	1,00009	1,19	15,74	638	1,06295	10670		10543	
77		50	0,000	1,00000	0,00	15,65	621	1,06258	10327		10209	
78		51	0,000	1,00000	0,00	15,55	624	1,06221	10309		10193	
79		50	0,000	1,00000	0,00	15,49	629	1,06196	10350		10235	
80		50	0,032	1,00013	1,59	15,56	624	1,06225	10320		10205	
81		50	0,049	1,00019	2,44	15,70	624	1,06281	10409		10294	
82		51	0,023	1,00009	1,19	15,54	624	1,06217	10309		10192	

Tabela A4.4 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Janeiro para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (ºP)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (ºP)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
98	1	52	0,032	1,00013	1,67	15,62	627	1,06248	10403	84	10403	10422
100		52	0,522	1,00209	27,19	15,61	622	1,06243	10317		10315	
102		51	0,628	1,00251	32,10	15,53	623	1,06212	10268		10157	
104		52	0,204	1,00081	10,59	16,00	627	1,06399	10668		10552	
106		52	0,073	1,00029	3,80	15,83	620	1,06332	10442		10348	
108		52	0,065	1,00026	3,37	15,72	625	1,06287	10435		10347	
110		52	0,244	1,00098	12,72	15,70	628	1,06281	10478		10391	
112		51	0,546	1,00219	27,92	15,72	628	1,06286	10493		10396	
114		52	0,057	1,00023	2,95	16,39	625	1,06557	10920		10808	
116		51	0,122	1,00049	6,22	15,82	626	1,06327	10526		10439	
118		51	0,481	1,00192	24,58	15,72	627	1,06290	10475		10384	
120		52	0,595	1,00238	31,03	15,77	635	1,06306	10634		10525	

Tabela A4.5 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (4ª semana de Janeiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
90	2	50	0,000	1,00000	0,00	617	15,37	1,06147	10064	115	10064	10293
91		50	0,000	1,00000	0,00	618	15,56	1,06225	10210		10210	
92		50	0,116	1,00047	5,82	625	15,59	1,06236	10349		10234	
93		51	0,040	1,00016	2,05	620	15,68	1,06271	10331		10210	
94		51	0,040	1,00016	2,05	623	15,62	1,06248	10340		10223	
95		51	0,023	1,00009	1,19	623	15,66	1,06263	10366		10249	
96		51	0,000	1,00000	0,00	621	15,68	1,06272	10347		10231	
97		50	0,000	1,00000	0,00	624	15,84	1,06337	10513		10398	
99		50	0,049	1,00019	2,44	622	15,83	1,06331	10462		10347	
101		50	0,066	1,00026	3,28	621	15,78	1,06312	10423		10305	
103		51	0,159	1,00063	8,10	622	15,63	1,06251	10332		10213	
105		50	0,083	1,00033	4,13	620	15,88	1,06351	10461		10338	
107		50	0,049	1,00019	2,44	622	15,88	1,06354	10506		10387	
109		51	0,000	1,00000	0,00	618	15,85	1,06340	10415		10297	
111		49	0,023	1,00009	1,14	625	16,32	1,06530	10867		10752	
113		45	0,074	1,00030	3,33	620	15,87	1,06349	10468		10352	
115		50	0,032	1,00013	1,59	627	15,74	1,06298	10499		10380	
117		51	0,066	1,00026	3,35	624	15,86	1,06345	10527		10410	
119		50	0,000	1,00000	0,00	623	15,96	1,06384	10585		10466	
121		45	0,429	1,00172	19,35	632	15,52	1,06209	10415		10300	
122		41	0,000	1,00000	0,00	620	16,51	1,06603	10902		10767	
123		31	0,000	1,00000	0,00	619	15,83	1,06333	10424		10309	
124		44	0,000	1,00000	0,00	622	15,77	1,06307	10429		10314	
125		44	0,000	1,00000	0,00	622	15,79	1,06317	10442		10327	
126		46	0,000	1,00000	0,00	623	15,66	1,06264	10374		10259	
127		47	0,000	1,00000	0,00	625	15,69	1,06278	10418		10303	
128		46	0,000	1,00000	0,00	616	15,59	1,06234	10198		10083	
129		47	0,000	1,00000	0,00	618	15,64	1,06256	10275		10160	
130		45	0,000	1,00000	0,00	622	15,57	1,06229	10289		10174	
131		47	0,000	1,00000	0,00	626	15,49	1,06194	10293		10178	
132		51	0,000	1,00000	0,00	626	15,47	1,06188	10284		10169	
133		41	0,006	1,00003	0,26	627	15,46	1,06186	10299		10184	
134		51	0,000	1,00000	0,00	622	15,62	1,06248	10323		10207	
135		51	0,023	1,00009	1,19	623	15,69	1,06274	10382		10267	
136		50	0,108	1,00043	5,40	624	15,59	1,06237	10336		10220	
137		50	0,497	1,00199	24,89	627	15,57	1,06228	10370		10249	

Tabela A4.6 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (5ª semana de Janeiro para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (ºP)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (ºP)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
156	1	52	0,032	1,00013	1,67	15,61	622	1,06244	10316	84	10316	10356
158		52	0,065	1,00026	3,37	15,68	620	1,06272	10323		10321	
160		52	0,122	1,00049	6,34	15,82	620	1,06327	10435		10347	
162		52	0,155	1,00062	8,04	15,71	626	1,06284	10449		10358	
164		52	0,261	1,00104	13,57	15,73	624	1,06292	10434		10342	
166		52	0,220	1,00088	11,44	15,80	626	1,06319	10505		10408	
168		51	0,204	1,00081	10,39	15,74	626	1,06296	10476		10381	
170		52	0,326	1,00130	16,97	15,70	623	1,06280	10387		10293	
172		52	0,342	1,00137	17,82	15,64	626	1,06258	10408		10307	
174		51	0,261	1,00104	13,31	15,86	625	1,06346	10538		10436	
176		52	0,146	1,00059	7,62	15,95	620	1,06378	10523		10426	
178		52	0,432	1,00173	22,50	15,79	621	1,06316	10430		10339	

Tabela A4.7 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (5ª semana de Janeiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
138	2	50	0,000	1,00000	0,00	618	15,48	1,06192	10155	115	10155	10323
139		50	1,224	1,00490	61,49	626	15,19	1,06076	10079		10079	
140		50	0,083	1,00033	4,13	619	15,85	1,06340	10437		10260	
141		50	0,116	1,00047	5,82	621	15,78	1,06314	10416		10297	
142		50	0,049	1,00019	2,44	626	15,73	1,06291	10461		10341	
143		50	0,023	1,00009	1,17	623	15,78	1,06311	10457		10340	
144		50	0,006	1,00003	0,32	625	15,67	1,06268	10414		10298	
145		50	0,000	1,00000	0,00	621	15,84	1,06336	10466		10350	
146		48	0,023	1,00009	1,12	620	15,78	1,06312	10408		10293	
147		49	0,000	1,00000	0,00	622	15,75	1,06299	10406		10290	
148		49	0,032	1,00013	1,56	621	15,76	1,06303	10402		10287	
149		46	0,006	1,00003	0,30	620	15,78	1,06310	10405		10288	
150		50	0,006	1,00003	0,32	624	15,83	1,06333	10505		10390	
151		51	0,040	1,00016	2,05	626	15,94	1,06375	10614		10499	
152		51	0,074	1,00030	3,78	634	15,74	1,06297	10607		10490	
153		50	0,032	1,00013	1,59	633	15,74	1,06296	10591		10472	
154		50	0,032	1,00013	1,59	631	15,75	1,06299	10561		10444	
155		50	0,006	1,00003	0,32	620	15,83	1,06333	10445		10328	
157		51	0,040	1,00016	2,05	617	15,90	1,06361	10427		10312	
159		50	0,000	1,00000	0,00	621	15,75	1,06301	10404		10287	
161		51	0,000	1,00000	0,00	622	15,69	1,06278	10373		10258	
163		50	0,000	1,00000	0,00	622	15,73	1,06292	10403		10288	
165		51	0,192	1,00077	9,82	623	15,72	1,06290	10419		10304	
167		50	0,370	1,00148	18,53	626	15,73	1,06294	10462		10337	
169		50	0,319	1,00128	15,98	627	15,62	1,06250	10404		10271	
172		51	0,285	1,00114	14,57	621	15,72	1,06287	10375		10244	
173		51	0,302	1,00121	15,44	623	15,76	1,06304	10444		10315	
175		51	0,218	1,00087	11,12	628	15,76	1,06305	10526		10396	
177		51	0,091	1,00036	4,64	626	15,76	1,06306	10483		10357	
179		51	0,066	1,00026	3,35	629	15,70	1,06280	10497		10377	
181		50	0,133	1,00053	6,67	624	15,70	1,06280	10411		10293	
183		51	0,116	1,00047	5,94	630	15,63	1,06251	10456		10334	
185		51	0,083	1,00033	4,21	624	15,84	1,06338	10508		10387	

Tabela A4.8 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (1ª semana de Fevereiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (ºP)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (ºP)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
192	2	51	0,032	1,00013	1,62	15,30	630,3	1,06120	10234	115	10234	10243
193		50	0,159	1,00063	7,94	15,51	615,6	1,06204	10140		10139	
194		51	0,133	1,00053	6,80	15,45	631,2	1,06180	10355		10232	
195		51	0,040	1,00016	2,05	15,57	627	1,06227	10368		10246	
196		51	0,049	1,00019	2,49	15,54	623,3	1,06214	10285		10168	
197		51	0,000	1,00000	0,00	15,51	627,7	1,06204	10340		10223	
198		51	0,000	1,00000	0,00	15,65	625,2	1,06259	10396		10281	
199		50	0,000	1,00000	0,00	15,77	621,9	1,06306	10423		10308	
200		51	0,000	1,00000	0,00	15,63	625,8	1,06253	10395		10280	
201		51	0,000	1,00000	0,00	15,58	630,9	1,06231	10440		10325	
202		51	0,000	1,00000	0,00	15,60	629,7	1,06241	10438		10323	
203		51	0,023	1,00009	1,19	15,69	626,4	1,06277	10447		10332	
204		51	0,049	1,00019	2,49	15,58	628,5	1,06231	10400		10283	
205		50	0,000	1,00000	0,00	15,65	627	1,06261	10429		10312	
206		51	0,000	1,00000	0,00	15,57	628,8	1,06229	10401		10286	
207		51	0,000	1,00000	0,00	15,65	624	1,06260	10377		10262	
208		50	0,000	1,00000	0,00	15,59	624,2	1,06237	10340		10225	
209		50	0,000	1,00000	0,00	15,66	625,2	1,06264	10404		10289	
210		50	0,000	1,00000	0,00	15,69	622,8	1,06274	10382		10267	
211		50	0,000	1,00000	0,00	15,62	627	1,06250	10409		10294	
212		50	0,000	1,00000	0,00	15,81	612,6	1,06323	10295		10180	
213		50	0,032	1,00013	1,59	15,58	626,4	1,06230	10364		10249	
214		50	0,000	1,00000	0,00	15,59	624,3	1,06237	10341		10225	
215		50	0,066	1,00026	3,28	15,48	625,2	1,06193	10279		10164	
216		50	0,252	1,00101	12,59	15,24	625,1	1,06095	10106		9988	
217		50	0,252	1,00101	12,59	15,56	624,6	1,06224	10324		10196	
218		51	0,192	1,00077	9,82	15,50	626,1	1,06202	10310		10182	
219		50	0,091	1,00036	4,55	15,58	626,7	1,06234	10376		10251	
220		51	0,040	1,00016	2,05	15,58	627	1,06234	10381		10261	
221		48	0,074	1,00030	3,56	15,62	626,1	1,06249	10392		10275	
222		49	0,091	1,00036	4,46	15,65	621,1	1,06258	10326		10207	
223		46	0,083	1,00033	3,80	15,68	621,3	1,06273	10355		10235	
224		49	0,032	1,00013	1,56	15,60	625,8	1,06240	10372		10253	
225		48	0,040	1,00016	1,93	15,62	624	1,06248	10356		10239	
226		48	0,049	1,00019	2,34	15,64	624,9	1,06257	10387		10270	
227		45	0,243	1,00097	10,95	15,62	625,8	1,06247	10383		10266	

Tabela A4.9 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (2ª semana de Fevereiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (ºP)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (ºP)	Volum e Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
228	2	50	1,232	1,00493	61,92	15,22	618	1,06086	9979	115	9979	10164
229		50	0,125	1,00050	6,24	15,50	620	1,06198	10210		10148	
230		51	0,074	1,00030	3,78	15,69	620	1,06275	10332		10211	
231		50	0,083	1,00033	4,13	15,70	620	1,06278	10344		10226	
232		51	0,049	1,00019	2,49	15,71	621	1,06285	10371		10252	
233		51	0,006	1,00003	0,33	15,77	621	1,06308	10411		10293	
234		50	0,108	1,00043	5,40	15,50	620	1,06201	10208		10093	
235		51	0,125	1,00050	6,37	15,56	623	1,06222	10285		10165	
236		51	0,040	1,00016	2,05	15,67	622	1,06267	10349		10228	
237		50	0,083	1,00033	4,13	15,58	619	1,06234	10240		10123	
238		51	0,049	1,00019	2,49	15,37	621	1,06147	10133		10014	
239		48	0,091	1,00036	4,37	15,49	620	1,06197	10192		10074	
240		44	0,150	1,00060	6,61	15,59	620	1,06235	10274		10154	
241		45	0,159	1,00063	7,14	15,55	618	1,06221	10215		10093	
242		44	0,176	1,00070	7,73	15,60	617	1,06241	10229		10107	
243		44	0,133	1,00053	5,87	15,56	621	1,06226	10266		10143	
244		43	0,049	1,00019	2,10	15,67	622	1,06270	10354		10233	
245		49	0,049	1,00019	2,39	15,49	622	1,06196	10237		10120	
246		47	0,074	1,00030	3,48	15,61	622	1,06245	10310		10193	
247		46	0,049	1,00019	2,24	15,57	625	1,06227	10328		10210	
248		45	0,091	1,00036	4,10	15,68	620	1,06272	10329		10211	
249		47	0,091	1,00036	4,28	15,68	620	1,06270	10335		10216	
250		45	0,108	1,00043	4,86	15,64	622	1,06254	10327		10207	
251		47	0,066	1,00026	3,09	15,67	622	1,06269	10353		10233	

Tabela A4.10 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (3^a semana de Fevereiro para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
278	1					15,52	609	1,06207	10041	84	10041	10328
280		52	1,729	1,00692	90,56	16,14	595	1,06456	10224		10224	
282		51	0,399	1,00160	20,40	16,07	610	1,06428	10431		10256	
284		51	1,534	1,00613	78,70	15,69	611	1,06277	10192		10088	
286		51	0,367	1,00147	18,73	16,18	612	1,06472	10534		10372	
288		52	0,244	1,00098	12,72	15,57	641	1,06229	10603		10500	
290		52	0,204	1,00081	10,59	15,71	631	1,06283	10529		10432	
292		52	0,408	1,00163	21,23	15,55	634	1,06221	10476		10382	
294		52	0,236	1,00094	12,29	15,72	635	1,06286	10608		10503	
296		52	0,326	1,00130	16,97	15,87	624	1,06347	10524		10428	
298		52	0,179	1,00072	9,32	15,61	632	1,06245	10487		10386	

Tabela A4.11 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1ºs fabricos semanais e a média semanal (3ª semana de Fevereiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
259	2	51	0,000	1,00000	0,00	15,02	626	1,06008	9974	115	9974	10223
260		50	0,827	1,00331	41,46	15,15	617	1,06061	9911		9911	
261		50	0,725	1,00290	36,36	15,41	617	1,06166	10101		10027	
262		50	0,539	1,00216	27,01	15,40	614	1,06161	10035		9956	
263		51	0,488	1,00195	24,95	15,63	615	1,06252	10207		10119	
264		51	0,429	1,00172	21,93	15,70	615	1,06280	10266		10176	
265		51	0,345	1,00138	17,60	15,62	618	1,06249	10265		10172	
266		51	0,471	1,00189	24,09	15,60	620	1,06241	10283		10186	
267		50	0,328	1,00131	16,41	15,60	622	1,06240	10302		10211	
268		51	0,387	1,00155	19,76	15,59	625	1,06234	10355		10257	
269		50	0,285	1,00114	14,29	15,66	623	1,06266	10367		10272	
270		51	0,336	1,00134	17,17	15,74	623	1,06297	10423		10322	
271		51	0,302	1,00121	15,44	15,69	621	1,06276	10360		10262	
272		51	0,345	1,00138	17,60	15,47	627	1,06188	10299		10199	
273		51	0,336	1,00134	17,17	15,57	625	1,06228	10341		10244	
274		51	0,235	1,00094	11,98	15,55	626	1,06222	10346		10248	
275		51	0,201	1,00080	10,25	15,46	634	1,06184	10402		10299	
276		50	0,243	1,00097	12,17	15,58	626	1,06232	10365		10260	
277		51	0,285	1,00114	14,57	15,65	623	1,06260	10363		10260	
279		51	0,285	1,00114	14,57	15,74	622	1,06295	10407		10306	
281		51	0,285	1,00114	14,57	15,73	623	1,06291	10421		10321	
283		50	0,505	1,00202	25,31	15,51	622	1,06202	10246		10146	
285		50	0,471	1,00189	23,62	15,52	628	1,06210	10347		10257	
287		51	0,378	1,00151	19,33	15,65	628	1,06260	10440		10349	
289		51	0,345	1,00138	17,60	15,66	627	1,06262	10431		10335	
291		51	0,336	1,00134	17,17	15,68	627	1,06271	10438		10341	
293		50	0,277	1,00111	13,86	15,63	629	1,06253	10445		10347	
295		50	0,243	1,00097	12,17	15,69	625	1,06275	10424		10322	
297		51	0,201	1,00080	10,25	15,83	623	1,06333	10494		10392	

Tabela A4.11 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (4^a semana de Fevereiro para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
320	1	52	0,122	1,00049	6,34	15,38	628	1,06152	10248	84	10248	10310
322		51	0,236	1,00094	12,06	15,41	631	1,06166	10330		10323	
324		52	0,359	1,00143	18,67	15,78	623	1,06312	10442		10346	
326		52	0,440	1,00176	22,93	15,48	635	1,06193	10432		10329	
328		52	0,465	1,00186	24,21	15,52	635	1,06207	10473		10366	
330		52	0,505	1,00202	26,34	15,59	629	1,06237	10421		10313	
332		51	0,408	1,00163	20,82	15,60	631	1,06241	10453		10343	
334		51	0,424	1,00170	21,65	15,53	632	1,06213	10418		10313	
336		52	0,326	1,00130	16,97	15,34	632	1,06138	10294		10189	
338		52	0,391	1,00156	20,37	15,57	634	1,06226	10476		10375	
340		52	0,473	1,00189	24,63	15,52	633	1,06209	10436		10332	
342		52	0,408	1,00163	21,23	15,43	633	1,06170	10373		10265	
344		52	0,595	1,00238	31,03	15,46	635	1,06185	10433		10327	
346		52	0,505	1,00202	26,34	15,54	632	1,06216	10433		10318	
348		52	0,481	1,00192	25,06	15,53	634	1,06213	10452		10342	
350		52	0,595	1,00238	31,03	15,38	637	1,06154	10406		10297	
352		51	0,554	1,00222	28,34	15,35	635	1,06142	10346		10231	
354		53	0,489	1,00196	25,97	15,56	631	1,06223	10430		10318	

Tabela A4.12 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (4^a semana de Fevereiro para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
307	2	51	0,362	1,00145	18,46	15,30	623	1,06121	10114	115	10114	10237
308		50	2,052	1,00821	103,46	15,03	629	1,06014	10027		10009	
309		51	0,429	1,00172	21,93	15,56	625	1,06225	10329		10110	
310		51	0,429	1,00172	21,93	15,50	624	1,06199	10270		10133	
311		51	0,421	1,00168	21,49	15,46	625	1,06185	10265		10128	
312		51	0,336	1,00134	17,17	15,45	625	1,06178	10242		10106	
313		50	0,285	1,00114	14,29	15,33	626	1,06131	10182		10050	
314		49	0,336	1,00134	16,49	15,52	630	1,06207	10384		10255	
315		47	0,421	1,00168	19,81	15,49	633	1,06198	10411		10280	
316		48	0,412	1,00165	19,82	15,58	628	1,06232	10392		10257	
317		48	0,429	1,00172	20,64	15,66	626	1,06264	10414		10279	
318		50	0,404	1,00162	20,22	15,63	628	1,06252	10422		10287	
319		47	0,471	1,00189	22,20	15,80	628	1,06318	10550		10415	
321		51	0,362	1,00145	18,46	15,69	626	1,06277	10437		10300	
323		51	0,319	1,00128	16,30	15,61	631	1,06244	10468		10335	
325		50	0,362	1,00145	18,10	15,54	632	1,06214	10420		10289	
327		50	0,294	1,00118	14,71	15,59	632	1,06236	10464		10331	
329		48	0,362	1,00145	17,38	15,72	621	1,06289	10371		10241	
331		49	0,387	1,00155	18,99	15,66	626	1,06265	10420		10288	
333		50	0,378	1,00151	18,95	15,64	628	1,06258	10433		10299	
335		49	0,362	1,00145	17,74	15,68	624	1,06271	10391		10257	
337		50	0,252	1,00101	12,59	15,69	624	1,06276	10406		10273	
339		47	0,345	1,00138	16,22	15,56	629	1,06223	10401		10273	
341		47	0,421	1,00168	19,81	15,46	630	1,06182	10334		10203	
343		46	0,370	1,00148	17,04	15,51	630	1,06202	10375		10240	
345		47	0,463	1,00185	21,80	15,57	629	1,06228	10410		10278	
347		44	0,387	1,00155	17,05	15,60	629	1,06241	10433		10296	
349		47	0,378	1,00151	17,81	15,54	629	1,06216	10383		10251	
351		50	0,404	1,00162	20,22	15,40	632	1,06161	10325		10192	
353		50	0,362	1,00145	18,10	15,48	630	1,06193	10365		10229	
355		42	0,539	1,00216	22,69	15,60	627	1,06241	10389		10256	
356		40	0,362	1,00145	14,48	15,53	634	1,06212	10451		10314	
357		41	0,294	1,00118	12,06	15,49	631	1,06197	10380		10250	

Tabela A4.13 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (1^a semana de Março para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
361	1	52	0,380	1,00152	19,79	15,49	613	1,06196	10084	84	10084	10214
363		51	0,290	1,00116	14,81	15,45	623	1,06180	10220		10200	
365		52	0,450	1,0018	23,44	15,5	628	1,06200	10338		10239	
367		52	0,480	1,00192	25,01	15,47	629	1,06188	10333		10225	
369		52	0,460	1,00184	23,96	15,46	630	1,06184	10342		10233	
371		51	0,600	1,0024	30,67	15,48	628	1,06192	10323		10215	
373		52	0,410	1,00164	21,35	15,57	632	1,06228	10453		10338	
375		51	0,550	1,0022	28,11	15,43	634	1,06172	10386		10281	
376		51	0,370	1,00148	18,90	15,47	620	1,06188	10185		10073	
378		52	0,390	1,00156	20,31	15,42	621	1,06168	10166		10064	
380		52	0,600	1,0024	31,27	15,42	623	1,06168	10199		10095	
382		52	0,630	1,00252	32,84	15,37	629	1,06148	10262		10147	
384		52	0,680	1,00272	35,46	15,45	631	1,06180	10351		10235	
386		52	0,530	1,00212	27,62	15,63	621	1,06252	10313		10194	
388		51	0,630	1,00252	32,21	15,48	621	1,06192	10208		10097	
390		52	0,600	1,0024	31,27	15,51	629	1,06204	10361		10245	
392		52	0,510	1,00204	26,57	15,4	632	1,06160	10332		10217	
394		51	0,510	1,00204	26,06	15,42	634	1,06168	10379		10269	
396		51	0,360	1,00144	18,39	15,57	634	1,06228	10486		10376	
398		52	0,430	1,00172	22,40	15,58	629	1,06232	10411		10308	
400		51	0,450	1,0018	22,99	15,52	630	1,06208	10385		10278	
402		52	0,450	1,0018	23,44	15,54	630	1,06216	10399		10292	
404		51	0,490	1,00196	25,04	15,38	632	1,06152	10318		10211	

Tabela A4.14 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (2^a semana de Março para a Sala 1

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
417	1	52	0,150	1,00060	7,80	15,49	626	1,06196	10298	84	10298	10442
418		52	0,320	1,00128	16,66	15,34	628	1,06136	10225		10217	
419		52	0,240	1,00096	12,49	15,43	633	1,06172	10370		10269	
420		52	0,240	1,00096	12,49	15,59	625	1,06236	10351		10339	
421		52	0,300	1,00120	15,62	15,69	625	1,06276	10422		10409	
422		52	0,290	1,00116	15,10	15,65	627	1,06260	10427		10411	
423		52	0,320	1,00128	16,66	15,74	624	1,06296	10440		10425	
424		53	0,280	1,00112	14,86	15,84	626	1,06336	10544		10527	
425		53	0,260	1,00104	13,79	15,82	625	1,06328	10513		10498	
426		52	0,290	1,00116	15,10	15,91	626	1,06364	10593		10580	
427		52	0,300	1,00120	15,62	15,85	625	1,06340	10534		10519	
428		52	0,370	1,00148	19,27	15,78	626	1,06312	10502		10486	
429		51	0,320	1,00128	16,34	15,66	632	1,06264	10517		10498	
430		52	0,320	1,00128	16,66	15,59	629	1,06236	10418		10401	
431		52	0,340	1,00136	17,70	15,52	628	1,06208	10352		10335	
432		51	0,370	1,00148	18,90	15,71	623	1,06284	10402		10385	
433		53	0,330	1,00132	17,51	15,79	626	1,06316	10509		10490	
434		52	0,430	1,00172	22,40	15,82	627	1,06328	10547		10529	
435		53	0,390	1,00156	20,70	15,87	624	1,06348	10532		10509	
436		53	0,370	1,00148	19,64	15,84	624	1,06336	10510		10490	
437		51	0,390	1,00156	19,92	15,82	626	1,06328	10530		10510	
438		52	0,460	1,00184	23,96	15,73	629	1,06292	10517		10497	
439		52	0,440	1,00176	22,92	15,83	624	1,06332	10503		10479	
440		52	0,430	1,00172	22,40	15,79	629	1,06316	10559		10536	
441		52	0,440	1,00176	22,92	15,80	624	1,06320	10482		10460	
442		53	0,400	1,00160	21,23	15,86	622	1,06344	10491		10468	
443		52	0,570	1,00228	29,71	15,82	630	1,06328	10597		10576	
444		52	0,430	1,00172	22,40	15,70	627	1,06280	10462		10432	
445		53	0,530	1,00212	28,15	15,67	628	1,06268	10458		10435	
446		52	0,480	1,00192	25,01	15,70	626	1,06280	10445		10417	
447		53	0,470	1,00188	24,96	15,70	627	1,06280	10462		10437	
448		53	0,420	1,00168	22,30	15,44	638	1,06176	10459		10434	
449		52	0,440	1,00176	22,92	15,67	625	1,06268	10408		10385	
450		52	0,480	1,00192	25,01	15,61	626	1,06244	10382		10359	

Tabela A4.15 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (3^a semana de Março para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
455	1	52	0,140	1,00056	7,28	15,38	617	1,06152	10073	84	10073	10389
457		51	0,300	1,00120	15,32	15,81	603	1,06324	10129		10136	
459		52	0,370	1,00148	19,27	15,81	620	1,06324	10323		10422	
461		52	0,150	1,00060	7,80	15,65	630	1,06260	10373		10477	
463		51	0,230	1,00092	11,74	15,69	633	1,06276	10463		10555	
465		51	0,190	1,00076	9,70	15,73	630	1,06292	10438		10533	
467		52	0,200	1,00080	10,41	15,62	632	1,06248	10395		10489	
469		53	0,150	1,00060	7,95	15,60	633	1,06240	10397		10491	
471		51	0,150	1,00060	7,65	15,58	634	1,06232	10401		10493	
473		52	0,180	1,00072	9,37	15,63	634	1,06252	10437		10529	
475		53	0,140	1,00056	7,42	15,54	637	1,06216	10421		10514	
477		52	0,200	1,00080	10,41	15,70	630	1,06280	10421		10512	
479		51	0,270	1,00108	13,78	15,71	629	1,06284	10408		10503	
481		52	0,240	1,00096	12,49	15,54	632	1,06216	10334		10432	
483		52	0,380	1,00152	19,79	15,69	630	1,06276	10409		10505	
485		52	0,340	1,00136	17,70	15,81	629	1,06324	10470		10573	
487		51	0,420	1,00168	21,46	15,86	624	1,06344	10423		10524	
489		52	0,330	1,00132	17,18	15,77	629	1,06308	10440		10545	
491		53	0,330	1,00132	17,51	15,68	630	1,06272	10397		10498	
493		53	0,350	1,00140	18,58	15,79	628	1,06316	10441		10542	
495		52	0,370	1,00148	19,27	15,78	626	1,06312	10399		10502	
497		52	0,310	1,00124	16,14	15,77	627	1,06308	10408		10512	
499		52	0,300	1,00120	15,62	15,58	635	1,06232	10410		10510	
501		53	0,370	1,00148	19,64	15,67	629	1,06268	10375		10474	
503		52	0,400	1,00160	20,83	15,62	629	1,06248	10335		10439	
505		53	0,320	1,00128	16,98	15,66	631	1,06264	10396		10500	
507		52	0,390	1,00156	20,31	15,68	631	1,06272	10414		10515	
509		51	0,240	1,00096	12,25	15,68	629	1,06272	10377		10481	
511		53	0,240	1,00096	12,73	15,75	631	1,06300	10468		10564	
513		52	0,200	1,00080	10,41	15,75	631	1,06300	10468		10564	
515		52	0,200	1,00080	10,41	15,71	632	1,06284	10458		10553	
517		53	0,240	1,00096	12,73	15,66	629	1,06264	10373		10467	
519		53	0,270	1,00108	14,33	15,66	629	1,06264	10370		10467	
521		51	0,240	1,00096	12,25	15,70	629	1,06280	10397		10495	
523		53	0,270	1,00108	14,33	15,71	629	1,06284	10406		10503	
525		51	0,550	1,00220	28,11	15,66	628	1,06264	10352		10451	

Tabela A4.16 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (3^a semana de Março para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
456	2	47	0,580	1,00232	27,32	15,46	617	1,06184	10129	115	10129	10308
458		50	0,780	1,00312	39,12	15,46	617	1,06184	10129		10101	
460		50	0,300	1,00120	15,02	16,35	622	1,06540	10835		10681	
462		51	0,190	1,00076	9,70	15,69	624	1,06276	10405		10275	
464		50	0,130	1,00052	6,50	15,80	626	1,06320	10516		10391	
466		50	0,190	1,00076	9,51	15,74	624	1,06296	10440		10319	
468		51	0,180	1,00072	9,19	15,69	626	1,06276	10438		10314	
470		50	0,190	1,00076	9,51	15,72	624	1,06288	10426		10302	
472		51	0,200	1,00080	10,21	15,67	626	1,06268	10424		10300	
474		51	0,170	1,00068	8,68	15,77	623	1,06308	10444		10319	
476		51	0,180	1,00072	9,19	15,68	627	1,06272	10448		10324	
478		51	0,190	1,00076	9,70	15,76	623	1,06304	10437		10313	
480		50	0,220	1,00088	11,01	15,65	622	1,06260	10344		10219	
482		50	0,220	1,00088	11,01	15,75	621	1,06300	10397		10271	
484		44	0,330	1,00132	14,54	15,75	623	1,06300	10430		10304	
486		46	0,260	1,00104	11,97	15,77	622	1,06308	10428		10298	
488		44	0,290	1,00116	12,77	15,70	626	1,06280	10445		10318	
490		47	0,230	1,00092	10,82	15,80	623	1,06320	10466		10338	
492		45	0,250	1,00100	11,26	15,75	625	1,06300	10464		10338	
494		42	0,300	1,00120	12,62	15,72	624	1,06288	10426		10300	
496		45	0,250	1,00100	11,26	15,78	621	1,06312	10418		10290	
498		44	0,250	1,00100	11,01	15,74	623	1,06296	10423		10297	
500		46	0,340	1,00136	15,66	15,66	626	1,06264	10417		10291	
502		46	0,320	1,00128	14,74	15,59	628	1,06236	10401		10270	
504		45	0,330	1,00132	14,87	15,60	629	1,06240	10425		10295	
506		47	0,240	1,00096	11,29	15,71	627	1,06284	10469		10339	
508		46	0,290	1,00116	13,36	15,70	629	1,06280	10495		10369	
510		48	0,170	1,00068	8,17	15,70	628	1,06280	10479		10350	
512		51	0,190	1,00076	9,70	15,69	630	1,06276	10505		10382	
514		50	0,070	1,00028	3,50	15,66	631	1,06264	10500		10376	
516		50	0,150	1,00060	7,50	15,56	632	1,06224	10446		10327	
518		48	0,260	1,00104	12,49	15,55	627	1,06220	10356		10234	
520		48	0,220	1,00088	10,57	15,69	625	1,06276	10422		10294	
522		50	0,210	1,00084	10,51	15,63	624	1,06252	10363		10237	
524		48	0,200	1,00080	9,61	15,69	626	1,06276	10438		10313	
526		50	0,470	1,00188	23,54	15,75	620	1,06300	10380		10256	

Tabela A4.17 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (4^a semana de Março para a Sala 1)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
534	1	52	0,140	1,00056	7,28	15,67	614	1,06268	10224	84	10224	10404
536		51	0,080	1,00032	4,08	16,06	609	1,06424	10409		10402	
538		52	0,300	1,00120	15,62	15,80	622	1,06320	10449		10361	
540		52	0,450	1,00180	23,44	15,99	620	1,06396	10548		10448	
542		52	0,380	1,00152	19,79	15,91	628	1,06364	10627		10520	
544		52	0,300	1,00120	15,62	15,87	626	1,06348	10565		10461	
546		52	0,320	1,00128	16,66	15,80	627	1,06320	10533		10433	
548		52	0,350	1,00140	18,23	15,61	630	1,06244	10448		10348	
550		48	0,410	1,00164	19,71	16,02	630	1,06408	10739		10637	
552		52	0,370	1,00148	19,27	15,64	632	1,06256	10503		10399	
554		52	0,460	1,00184	23,96	15,73	629	1,06292	10517		10413	
556		53	0,440	1,00176	23,36	15,87	623	1,06348	10515		10407	
558		53	0,490	1,00196	26,02	15,92	623	1,06368	10550		10442	
560		53	0,520	1,00208	27,62	15,72	627	1,06288	10476		10366	
562		52	0,450	1,00180	23,44	15,80	622	1,06320	10449		10337	
564		51	0,420	1,00168	21,46	15,63	629	1,06252	10446		10338	
566		51	0,380	1,00152	19,41	15,57	632	1,06228	10453		10348	
568		53	0,420	1,00168	22,30	15,51	633	1,06204	10427		10324	
570		52	0,380	1,00152	19,79	15,45	632	1,06180	10368		10262	
572		52	0,400	1,00160	20,83	15,50	630	1,06200	10370		10267	
574		52	0,460	1,00184	23,96	15,74	630	1,06296	10541		10436	
576		52	0,490	1,00196	25,53	15,84	626	1,06336	10544		10436	
578		52	0,360	1,00144	18,75	15,64	636	1,06256	10569		10460	
580		53	0,420	1,00168	22,30	15,66	630	1,06264	10484		10381	
582		51	0,390	1,00156	19,92	15,73	631	1,06292	10550		10444	
584		52	0,370	1,00148	19,27	15,60	636	1,06240	10541		10437	
586		52	0,420	1,00168	21,88	15,67	637	1,06268	10607		10504	
588		53	0,350	1,00140	18,58	15,64	636	1,06256	10569		10463	
590		52	0,920	1,00368	48,02	15,58	635	1,06232	10510		10407	

Tabela A4.18 - Dados relativos ao cálculo na diferença entre os dois 1^{os} fabricos semanais e a média semanal (4^a semana de Março para a Sala 2)

Fabrico	Sala	Volume de Compressão (hL)	Extrato Compressão (°P)	SG	Extrato Compressão (kg)	Extrato Mosto frio (°P)	Volume Mosto Frio (hL)	SG	Extrato mosto frio (kg)	Extrato Trub (kg)	Extrato sem trub e extrato de compressão (kg)	Média de extrato semanal (kg)
527	2	50	1,26	1,00504	63,32	15,44	607	1,06176	9951	115	9951	10300
528		51	1,48	1,00592	75,93	15,43	618	1,06172	10124		10061	
529		50	0,22	1,00088	11,01	15,74	622	1,06296	10407		10216	
530		51	0,18	1,00072	9,19	15,70	623	1,06280	10395		10269	
531		49	0,20	1,00080	9,81	15,70	622	1,06280	10379		10254	
532		48	0,24	1,00096	11,53	15,68	622	1,06272	10365		10240	
533		48	0,22	1,00088	10,57	15,73	615	1,06292	10283		10156	
535		45	0,19	1,00076	8,56	15,85	615	1,06340	10366		10240	
537		42	0,25	1,00100	10,51	15,71	623	1,06284	10402		10279	
539		40	0,29	1,00116	11,61	15,72	624	1,06288	10426		10301	
541		37	0,20	1,00080	7,41	15,91	621	1,06364	10509		10382	
543		37	0,18	1,00072	6,66	15,96	620	1,06384	10527		10405	
545		41	0,25	1,00100	10,26	15,79	624	1,06316	10475		10354	
547		41	0,37	1,00148	15,19	15,72	626	1,06288	10460		10334	
549		38	0,28	1,00112	10,65	15,76	621	1,06304	10404		10274	
551		39	0,20	1,00080	7,81	15,83	622	1,06332	10470		10344	
553		37	0,19	1,00076	7,04	15,86	621	1,06344	10474		10351	
555		40	0,24	1,00096	9,61	15,85	623	1,06340	10501		10379	
557		50	0,74	1,00296	37,11	15,83	624	1,06332	10503		10379	
559		50	0,70	1,00280	35,10	15,87	626	1,06348	10565		10413	
561		51	0,51	1,00204	26,06	15,89	619	1,06356	10461		10311	
563		34	0,54	1,00216	18,40	15,78	633	1,06312	10619		10478	
565		51	0,57	1,00228	29,14	15,62	636	1,06248	10555		10422	
567		42	0,30	1,00120	12,62	15,67	630	1,06268	10491		10347	
569		45	0,29	1,00116	13,07	15,54	627	1,06216	10349		10222	
571		47	0,41	1,00164	19,30	15,59	621	1,06236	10285		10157	
573		44	0,36	1,00144	15,86	15,75	620	1,06300	10380		10246	
575		43	0,32	1,00128	13,78	15,80	621	1,06320	10432		10301	
577		41	0,29	1,00116	11,90	15,80	622	1,06320	10449		10320	
579		41	0,13	1,00052	5,33	15,70	629	1,06280	10495		10369	
581		44	0,32	1,00128	14,10	15,69	636	1,06276	10605		10485	
583		46	0,28	1,00112	12,89	15,70	620	1,06280	10345		10216	
585		43	0,28	1,00112	12,05	15,70	630	1,06280	10512		10384	
587		47	0,34	1,00136	16,00	15,82	622	1,06328	10463		10336	
589		46	0,79	1,00316	36,45	15,81	623	1,06324	10473		10342	

Anexo 5 – Sobre-enchimento do tanque de trub

Tabela A5.1 - Dados relativos ao cálculo de extrato, quebra de extrato e perda monetária de trub vazado para o esgoto

	Sala 1	Sala 2
Frequência de vazamento para esgoto / semana	3	3
Quantidade vazada (hL)	20	20
Extrato trub Sala 1 (kg)	84	115
Quantidade total vazada esgoto / semana	252	345
Nº fabricos diários	9	9
Perda semanal (€)	103	141
Quantidade trub semana (kg)	3024	4140
Quebra extrato no trub (%)	7,7	2,70
Quebra extrato fabrico (%)	0,81	1,10
Nº fabricos Sala 1	1317	1502
Quebra extrato semanal (%)	0,075	0,103
Perda se fosse anual	10282	14076

Anexo 6 – Temperatura de doseamento da água do Mechamasher

Tabela A6.1 - Dados específicos associados ao cálculo do desperdício de vapor no aquecimento da água doseada pelo Mechamasher

	Valor	Unidade
Massa Água (empastagem)	20400	kg
Cp água	4,19	Kj/kg*°C
Variação Temperatura	3	°C
Entalpia	256428	Kj
Custo vapor 2019	16	€/tonelada
Custo vapor 2020	28	€/tonelada
Rácio massa vapor / Energia	1\2786	kg/Kj

Tabela A6.2 - Massa de vapor e custo de fabrico associados ao aquecimento da água doseada pelo Mechamasher

Ano	Massa vapor	Custo / fabrico (€)	Nº fabricos - Sala 1	Custo total (€)
2019	92,0	1,47	1317	1940
2020	92,0	2,58	1317	3394